



**Eletrobras**

# DICAS DE ECONOMIA DE ENERGIA POR SETOR DE CONSUMO

Superintendência de Eficiência Energética - PF

Março de 2016

1.	SETOR INDUSTRIAL .....	3
2.	SETOR RESIDENCIAL.....	6
3.	SETOR COMERCIAL .....	8
4.	PODER PÚBLICO .....	16
5.	SETOR DE SANEAMENTO.....	20
	ANEXO I.....	22
	ANEXO II.....	54
	ANEXO III.....	69

## 1. SETOR INDUSTRIAL

Este documento foi concebido para funcionar com Hiperlinks e os anexos detalham as dicas dos setores industrial, comercial e residencial.

De acordo com os dados da EPE (Empresa de Pesquisa Energética), o setor industrial é responsável por 36,5% do consumo de energia elétrica do Brasil. Assim como nos setores residencial e comercial, a eletricidade nas indústrias é usada para iluminação, movimentação (sistemas motrizes), aquecimento, resfriamento, equipamentos eletrônicos etc.

A Eletrobras, por meio do Procel Indústria focaliza suas atividades atualmente em sistemas motrizes, uma vez que este uso final de eletricidade é responsável por cerca de 68% (incluindo refrigeração) do consumo de energia elétrica do setor industrial, segundo dados do Ministério de Minas e Energia. Além disso, segundo estudos realizados pela Eletrobras e Confederação Nacional da Indústria (CNI), este também é o uso final onde se encontram as maiores oportunidades de eficiência energética. Um sistema motriz compreende, predominantemente, os seguintes elementos: instalação elétrica (com dispositivos para medição, proteção, comando e controle), motor elétrico, transmissão mecânica, cargas mecânicas acionadas (bombas, compressores, ventiladores, exaustores e correias transportadoras) e instalação mecânica (transporte e consumo dos fluidos). Em todos esses elementos há oportunidades de eficiência energética, Para obter mais esclarecimentos técnicos, clique [AQUI](#).

Para obter dicas de eficiência energética nos diversos sistemas motrizes, basta clicar nos links abaixo:

- [Eficiência energética em sistemas de ar comprimido](#)
- [Eficiência energética em sistemas de bombeamento](#)
- [Eficiência energética em sistemas de ventilação e exaustão](#)
- [Eficiência energética em sistemas de refrigeração](#)

- [Eficiência energética em torres de resfriamento](#)
- [Eficiência energética em correias transportadoras](#)
- [Eficiência energética em transmissões mecânicas](#)
- [Eficiência energética em motores elétricos](#)
- [Eficiência energética em instalações elétricas/Inversores de frequência](#)

Para um estudo mais aprofundado da eficiência energética no setor industrial, baixe gratuitamente o livro "[Conservação de energia: eficiência energética de equipamentos e instalações](#)" no portal Procel Info. Para tanto, basta [cadastrar-se](#) gratuitamente para acessar o conteúdo exclusivo!

Além dos sistemas motrizes, oportunidades de eficiência energética também podem ser encontradas nos demais usos finais da energia elétrica na indústria. Para obter mais informações sobre potenciais de eficiência energética nestes usos finais, clicar nos links abaixo.

- [Calor de processo](#)
- [Aquecimento direto](#)
- [Eletroquímica.](#)
- [Iluminação](#)

Adicionalmente às oportunidades listadas acima, aplicáveis a vários setores industriais, existem outras oportunidades ligadas a cada segmento. Para obter informações sobre eficiência energética em cada segmento industrial, basta clicar nos *links* abaixo, para baixar os relatórios elaborados pela Eletrobras e CNI.

- [Relatórios Setoriais:](#)
  - [Alimentos e bebida](#)
  - [Cal e gesso](#)

- [Cerâmica](#)
- [Setor cimenteiro](#)
- [Setor extrativo mineral](#)
- [Ferroligas](#)
- [Fundição](#)
- [Metais não ferrosos](#)
- [Não energo-intensivas](#)
- [Químico](#)
- [Setor papel e celulose](#)
- [Setor têxtil](#)
- [Setor vidreiro](#)

Acesse também outros estudos elaborados pela Eletrobras e CNI, clicando nos *links* abaixo:

- [Novas Tecnologias para Processos Industriais: eficiência energética na indústria](#)
- [Experiências Internacionais em Eficiência Energética na Indústria](#)
- [Histórico de programas](#)
- [Uma visão institucional](#)
- [Estudos de caso](#)
- [Oportunidades de Negócios para a Indústria em Projetos de Eficiência Energética com MDL Programático](#)

## 2. SETOR RESIDENCIAL

As edificações residenciais são responsáveis por 27,8% do consumo faturado de energia elétrica no Brasil (EPE, 2015). Estima-se que, por meio de medidas de eficiência energética, o potencial de redução de consumo de energia neste setor seja de até 30% em edificações antigas e 50% em edificações novas (MME, 2011). As oportunidades de economia no setor são grandes, pois grande parte das residências brasileiras não foi projetada considerando as estratégias de eficiência energética e conforto ambiental. Além disso, o País se encontra em franca expansão no setor imobiliário por conta da sua condição de desenvolvimento econômico e estimulado, entre outros fatores, pelo Programa Minha Casa Minha Vida. Como confirmação dessa tendência, a mais recente resenha do Balanço Energético Nacional (EPE, 2015) apresentou alta de 5,7% para o consumo de energia elétrica referente ao setor residencial.

Para mais informações sobre o consumo de energia no setor residencial, clique [aqui](#).

- ✓ A arquitetura tem influência direta no consumo de energia e água de um edifício. Quando for construir ou reformar, procure um profissional capacitado para realizar o seu projeto e construção com vistas à obtenção do [Selo Procel Edificações](#). Ele é a sua garantia de eficiência!
- ✓ Busque orientar adequadamente a construção e as suas [janelas](#) em relação ao sol de modo a aproveitar o melhor possível a iluminação e ventilação naturais e evitar o ganho excessivo de calor, evitando gastos elevados com ar condicionado e iluminação artificial.

- ✓ Use materiais construtivos adequados ao clima local, principalmente nas [paredes externas e telhados](#). Utilize isolamento térmico na cobertura e, nas regiões mais frias, utilize-o também nas fachadas.
- ✓ [Ventile e ilumine naturalmente](#) todos os ambientes da residência, inclusive os banheiros. Além de favorecer a higiene do ambiente, essa medida favorece a economia na conta de luz.
- ✓ Utilize proteções solares externas nas janelas (como beirais, brises, marquises, varandas, toldos, etc.) para evitar a incidência direta de sol nos ambientes, que provoca calor e ofuscamento.
- ✓ Nas regiões mais quentes evite o uso excessivo de vidro nas fachadas e opte pelo uso de filtros infravermelhos, seja no próprio material ou em películas aplicadas em sua face externa.
- ✓ Nos quartos, proteja as janelas com venezianas ou persianas externas, que permitem escurecer o ambiente sem abdicar da ventilação natural.
- ✓ Opte pelas [cores](#) mais claras nas paredes externas. Na cobertura utilize cores claras, telhas cerâmicas não esmaltadas ou teto-jardim.
- ✓ Procure coletar a água da chuva para uso em descargas e irrigação de jardins.
- ✓ Use a luz natural sempre que possível. Para a [iluminação](#) artificial, opte por lâmpadas LED, mais eficientes que as fluorescentes compactas e com uma durabilidade bastante superior. Além disso, são bastante versáteis, adequando-se a praticamente todos os tipos de bocais, conectores e luminárias disponíveis no mercado, permitindo dimerização e possuindo grande variedade de cores.
- ✓ Quando possível, preveja o uso de [ventiladores](#), de modo a auxiliar a ventilação natural e evitar o uso de ar condicionado.
- ✓ Faça um uso racional da água. Utilize torneiras com arejadores e temporizadores e válvulas de descarga com duplo fluxo ou sensores.
- ✓ Evite sistemas elétricos (boiler, chuveiro elétrico, aquecedor elétrico de passagem, etc.) como fonte principal de aquecimento de água.

Prefira o uso de coletores solares, bombas de calor e aquecedores a gás de passagem. O chuveiro elétrico pode ser associado aos outros sistemas, como backup e, se utilizado dispositivo eletrônico de controle de temperatura, para evitar o desperdício de água, aquecendo o início do banho.

- ✓ Os [aquecedores a gás de passagem](#) devem estar instalados em lugares protegidos permanentemente contra intempéries, com ventilação adequada para não interferir em sua eficiência e instalados conforme a norma vigente.
- ✓ Os [coletores solares](#) devem ser instalados com orientação e ângulo de inclinação conforme especificações, manual de instalação e projeto.
- ✓ Isole adequadamente a [tubulação de água quente](#).
- ✓ Em sistemas de aquecimento de acumulação (solar, [bomba de calor](#), etc.) isole adequadamente o reservatório.
- ✓ Instale cabeça nos chuveiros que não a tenha, para reduzir o consumo e aumentar a qualidade do banho. Consulte o fabricante para conhecer a vazão adequada para cada cabeça.
- ✓ Instale reguladores de vazão nos pontos de consumo para garantir uma vazão constante.

### **3. SETOR COMERCIAL**

As edificações comerciais e de serviços são responsáveis por 19,9% do consumo faturado de energia elétrica no Brasil (EPE, 2015). Estima-se que, por meio de medidas de eficiência energética, o potencial de redução de consumo de energia neste setor seja de até 30% em edificações antigas e 50% em edificações novas (MME, 2011). As oportunidades de economia no setor são grandes, pois grande parte dos edifícios brasileiros não foi projetada considerando as estratégias de eficiência energética e conforto



ambiental. Além disso, o País se encontra em franca expansão no setor imobiliário por conta da sua condição de desenvolvimento econômico e estimulado, entre outros fatores, pela preparação para grandes eventos esportivos que sediou e sediará brevemente. Como confirmação dessa tendência, a mais recente resenha do Balanço Energético Nacional (EPE, 2015) apresentou alta de 7,3% para o consumo de energia elétrica referente ao setor comercial e de serviços.

Para mais informações sobre o consumo de energia no setor comercial e de serviços, clique [aqui](#).

- ✓ A arquitetura tem influência direta no consumo de energia e água de um edifício. Quando for construir ou reformar o seu, procure um profissional capacitado para realizar o seu projeto e construção com vistas à obtenção do [Selo Procel Edificações](#). Ele é a sua garantia de eficiência!
- ✓ Use materiais construtivos adequados ao clima local, principalmente nas [paredes externas e telhados](#). Utilize isolamento térmico na cobertura e, nas regiões mais frias, utilize-o também nas fachadas.
- ✓ Busque orientar adequadamente a construção e as suas [janelas](#) em relação ao sol de modo a aproveitar o melhor possível a iluminação e ventilação naturais e evitar o ganho excessivo de calor, minimizando os gastos com ar condicionado e iluminação artificial.
- ✓ Utilize proteções solares externas das áreas envidraçadas (como beirais, brises, marquises, varandas, toldos, etc.) para evitar a incidência direta de sol nos ambientes, que provoca calor e ofuscamento.
- ✓ Nas regiões mais quentes evite o uso excessivo de [vidro](#) nas fachadas e opte pelo uso de filtros infravermelhos, seja no próprio material ou em películas aplicadas em sua face externa. Em edifícios existentes aplique películas com filtro infravermelho nos vidros.

- ✓ Opte pelas [cores](#) mais claras nas paredes externas. Na cobertura utilize cores claras, telhas cerâmicas não esmaltadas ou teto-jardim.
- ✓ Quando reformar, priorize alterações nas fachadas e coberturas. Diminuindo a necessidade de ar condicionado e iluminação, pode-se fazer uma grande economia, adquirindo equipamentos de condicionamento de ar com menor potência e menos lâmpadas e reatores.
- ✓ Mantenham limpas as fachadas e principalmente as coberturas, de modo a não aumentar a sua absorção de calor.
- ✓ Procure coletar a água da chuva para uso em descargas e irrigação de jardins.
- ✓ Ligue sistema de iluminação somente aonde não haja iluminação natural suficiente. O sistema de iluminação só deve ser ligado quando do início do expediente.
- ✓ Desligue luzes de dependências, quando não estiverem em uso, tais como: salas de reunião, lavabos, iluminação ornamental interna e externa, etc.
- ✓ Para diminuir a potência instalada na [iluminação](#) geral dos ambientes, complemente utilizando iluminação de tarefa, localizada.
- ✓ Use luminárias reflexivas de alta eficiência, com superfícies interiores desenhadas de forma a distribuir adequadamente a luz. Refletores de alumínio anodizado são os mais eficientes. Opte pelas opções com haletas anti ofuscamento.
- ✓ Opte por lâmpadas eficientes como fluorescentes compactas, fluorescentes tubulares T5 e LED.
- ✓ Permita o acionamento independente da iluminação interna de cada ambiente.
- ✓ Projete acionamento independente para a fileira de luminárias mais próxima à janela, de modo a favorecer o uso da iluminação natural.
- ✓ Em ambientes grandes (*open spaces*), divida a iluminação por áreas de cerca de 250m<sup>2</sup>.

- ✓ Utilize sensores de presença em ambientes com pouco movimento de pessoas.
- ✓ Controle a iluminação externa por *timer* ou foto célula.
- ✓ Rebaixe as luminárias quando o pé direito for muito alto, reduzindo consequentemente a potência total necessária para o mesmo iluminamento.
- ✓ Mantenha limpas lâmpadas e luminárias para permitir a reflexão máxima da luz.
- ✓ Use preferencialmente luminárias abertas, retirando, quando possível, o protetor de acrílico, o que possibilita a redução de até 50% do número de lâmpadas sem perda da qualidade do iluminamento.
- ✓ Nos jardins, estacionamentos externos e áreas de lazer, dê preferência a lâmpadas de vapor de sódio à alta pressão.
- ✓ Nos espaços exteriores reduza, quando possível e sem prejuízo da segurança, a iluminação em áreas de circulação, pátios de estacionamentos e garagens.
- ✓ Especifique [elevadores](#) com requisitos de eficiência, como: chamada inteligente, acionamento microprocessado, variador eletrônico de velocidade, máquinas sem engrenagem (poucos andares) e frenagem regenerativa (prédios altos).
- ✓ Quando possível, preveja o uso de ventiladores, de modo a auxiliar a ventilação natural e evitar o uso de ar condicionado.
- ✓ Programe monitores e computadores para estado de espera após 10 minutos sem uso e desligue equipamentos no horário de almoço.
- ✓ Evite sistemas elétricos (boiler, chuveiro elétrico, aquecedor elétrico de passagem, etc.) como fonte principal de aquecimento de água. Prefira o uso de coletores solares, bombas de calor e aquecedores a gás de passagem. O chuveiro elétrico pode ser associado aos outros sistemas, como backup e, se utilizado dispositivo eletrônico de controle de temperatura, para evitar o desperdício de água, aquecendo o início do banho.

- ✓ Os [aquecedores a gás de passagem](#) devem estar instalados em lugares protegidos permanentemente contra intempéries, com ventilação adequada para não interferir em sua eficiência e instalados conforme a norma vigente.
- ✓ Os [coletores solares](#) devem ser instalados com orientação e ângulo de inclinação conforme especificações, manual de instalação e projeto.
- ✓ Isole adequadamente a [tubulação de água quente](#).
- ✓ Em sistemas de aquecimento de acumulação (solar, [bomba de calor](#), etc.) isole adequadamente o reservatório.
- ✓ Instale reguladores de vazão nos pontos de consumo para garantir uma vazão constante.
- ✓ Dimensione corretamente as [bombas de sucção e recalque de água](#) e verifique se não há vazamentos.
- ✓ Identifique o [sistema de ar condicionado](#) instalado no edifício, para otimizar o uso e operação do sistema.

**Dicas de economia de energia válidas para sistemas de condicionamento de ar com expansão indireta, com condensação a ar ou a água**

- ✓ Um projeto ou *retrofit* de um sistema eficiente começa pelo cálculo de [carga térmica](#).
- ✓ O resfriamento de ar de cada zona térmica deve ser individualmente controlado por termostatos em função da temperatura do ar na referida zona.
- ✓ Recomenda-se uma regulação no termostato dentro de uma faixa de [temperatura de controle](#) que proporcione conforto térmico e economia de energia;

- ✓ É importante instalar um [sistema de desligamento automático](#) com o objetivo de automatizar o sistema de climatização.
- ✓ Sistemas de condicionamento de ar servindo diferentes zonas térmicas destinadas a operação ou ocupação não simultânea devem ser divididos em [áreas isoladas](#).
- ✓ Devem-se incluir meios de reduzir automaticamente a tomada de ar externo abaixo dos níveis de projeto quando os [espaços](#) estão parcialmente ocupados.
- ✓ Recomenda-se o uso de controles que mudem automaticamente a [velocidade do ventilador](#) para controlar a temperatura de saída do fluido ou temperatura/pressão de condensação do dispositivo de rejeição de calor.
- ✓ Reduzir a [radiação solar](#) direta sobre os recintos condicionados.
- ✓ Ajustes de [dampers](#) de tomada de ar exterior
- ✓ Desligar, quando possível, as luzes dos recintos refrigerados a fim de evitar aumento da carga térmica;
- ✓ Verificar periodicamente se há [vazamento nos dutos de ar](#);
- ✓ [Filtros obstruídos](#) acarretam aumento no consumo de energia elétrica. Recomenda-se mantê-los sempre limpos.
- ✓ A [infiltração de ar externo](#) traz uma carga térmica indesejável para o sistema, onerando a conta de luz do usuário.

- ✓ [Dutos mal isolados](#), passando sobre áreas não condicionadas, acarretam perdas consideráveis, onerando a carga térmica do sistema e, por conseguinte, aumentando a conta de energia.
- ✓ [Ajustar as correias de transmissão](#) dos motores acionadores de ventiladores e exaustores.
- ✓ Ajustar a temperatura do ambiente à temperatura recomendada de projeto através do [termostato](#);
- ✓ Recomenda-se o balanceamento das vazões de ar periodicamente para a redução no consumo de energia de FACs, *chillers* e bombeamento.
- ✓ Elaborar [programas de manutenção](#), baseado em um Manual, em que são previstos todos os serviços em cada equipamento;
- ✓ [Recalibrar controles](#): termostatos e umidostatos;
- ✓ [Instalar barreiras ou isolar equipamentos](#);
- ✓ Controlar a taxa de ar exterior baseado num *set point* de [concentração de CO<sub>2</sub>](#) (expresso em p.p.m.), reduzindo a carga térmica do sistema;
- ✓ Reduzir a carga térmica irradiada pelo telhado da edificação usando isolamentos;
- ✓ [Motores mais eficientes](#) são projetados para converter uma quantia de energia elétrica maior em trabalho. Recomenda-se o seu uso;
- ✓ Recomenda-se o uso de [variadores eletrônicos](#) de velocidade em equipamentos rotativos.
- ✓ Manter sempre a superfície de [serpentina](#)s limpas;

- ✓ Verificar periodicamente a [carga de refrigerante](#) no sistema;
- ✓ Medir as temperaturas de entrada e saída da água das [torres de resfriamento](#), a temperatura de bulbo úmido e seco do ar e bem como as vazões de entrada e saída de água.

### **Dicas de economia de energia válidas para sistemas de condicionamento de ar do tipo expansão indireta, com condensação a ar**

- ✓ Sombrear quando possível as [unidades condensadoras](#);
- ✓ Os dutos de ar deverão ser isolados adequadamente respeitando os valores mínimos de acordo com os cálculos de dimensionamento recomendados nos manuais de engenharia;
- ✓ Atender os limites de potência dos [ventiladores](#). Convém enfatizar que neste tipo de sistema faz-se necessário acionar os ventiladores do evaporador e do condensador antes do acionamento do compressor;

### **Sistemas de condicionamento de ar do tipo expansão indireta com condensação a água**

- ✓ Manter a integridade física do [isolamento térmico dos tubos](#) que constituem a central de água gelada (CAG);
- ✓ Desligar, quando for possível, alguns equipamentos como bombas de água gelada (BAG) ou de água de condensação (CAC) e suas respectivas torres no regime de baixa carga térmica.

- ✓ Realizar periodicamente a [limpeza das serpentinas e dos tubos dos trocadores de calor](#);
- ✓ Evitar [arranjo de tubulações](#) com grande quantidade de curvas, joelhos, válvulas, crivos, etc., que aumentam a perda de carga desnecessariamente nos projetos e *retrofits*;
- ✓ Equipamentos e sistemas de [centrais de água gelada](#) com mais de 20 anos apresentam elevado grau de obsolescência. Portanto, devem ser substituídos, com base em estudos detalhados, por equipamentos com tecnologia mais atual e, preferencialmente, mais eficiente.
- ✓ Incluir [controles de reajuste automático da temperatura de suprimento de água](#) pelas cargas representativas da edificação ou pela temperatura do ar externo.

#### 4. PODER PÚBLICO

Dicas de economia de energia elétrica (Gestão, PP, IP, Dicas em geral):

##### 4.1 Dicas de Gestão Energética Municipal

- Acompanhar as contas de energia mês a mês, buscando a redução e investigando aumentos de consumo.
- Buscar e solucionar multas por atraso no pagamento das contas de energia. Multas técnicas também devem ser investigadas.
- Promover campanhas de redução do consumo de energia elétrica e água, combatendo os maus hábitos dos usuários.
- Ligar iluminação e ar-condicionado apenas momentos antes de iniciar o expediente. Desligar logo após o término.
- Utilizar sensores de presença em ambientes com pouco movimento de pessoas.
- Localizar as áreas de atendimento ao público no térreo, reduzindo o uso do elevador.



## 4.2 Dicas para Prédios Públicos

- Aproveitar sempre a luz natural para iluminação dos ambientes, deixando as lâmpadas apagadas.
- Dividir a iluminação de um ambiente em setores e acender somente a área que está sendo utilizada.
- Pintar as paredes com cores claras, que refletem melhor a luz e diminuem a necessidade de lâmpadas.
- Desligar as luzes dos ambientes que não estão sendo usados.
- Manter lâmpadas e luminárias limpas.
- Utilizar luminárias eficientes com refletores que aproveitam toda a luz emitida pelas lâmpadas.
- Utilizar reatores eletrônicos para lâmpadas fluorescentes, que gastam muito menos energia que os eletromagnéticos.
- Substituir lâmpadas incandescentes por fluorescentes compactas, que duram mais e consomem menos.
- Os LEDs duram ainda mais e consomem ainda menos que a lâmpadas fluorescentes compactas.
- Substituir lâmpadas fluorescentes tubulares de 40W e 20W (antigas) por 28W e 14W.
- Os LEDs tubulares duram ainda mais e consomem ainda menos que a lâmpadas fluorescentes tubulares de 28W e 14W.
- Desligar os aparelhos elétricos que não estão sendo usados.
- Programar monitores e computadores para estado de espera após 10 minutos sem uso.
- Evitar deixar aberta a porta da geladeira e verificar a borracha de vedação.
- Utilizar equipamentos com o Selo PROCEL, que consomem menos energia que os demais.
- Utilizar a ventilação natural, principalmente em dias frios em que o ar-condicionado não é necessário.

- Manter limpo o filtro do ar-condicionado.
- Ajustar o termostato do ar-condicionado para a temperatura adequada.
- Verificar se não há vazamento nos dutos de ar-condicionado.
- Manter portas e janelas fechadas quando estiver usando o ar-condicionado. E utilizar cortinas e persianas para proteger os ambientes da luz direta do sol.
- Proteger os aparelhos de ar-condicionado da incidência direta do sol.
- Utilizar os aparelhos de ar condicionado que têm o Selo PROCEL. Consumem menos energia e são mais silenciosos.
- Eliminar vazamentos de água ajuda a economizar energia elétrica.

#### **4.3 Dicas para Iluminação Pública**

- Utilizar equipamentos eficientes (lâmpadas, luminárias, relés e reatores) que reduzem gastos em energia e melhoram a qualidade da iluminação.
- Utilizar lâmpadas a vapor de sódio (amarelas), que são as mais econômicas para iluminação pública.
- Os LEDs são ainda mais econômicos, porém com custo muito elevado.
- Para semáforos, os LEDs já são a melhor opção em economia e custo.
- Utilizar luminárias fechadas, que dão maior rendimento à iluminação e diminuem as queimas das lâmpadas.
- Usar reatores de alto fator de potência.
- Substituir imediatamente as lâmpadas queimadas para evitar danos aos ignitores.

#### **4.4 Potencial de redução do consumo**

- Ações de gestão podem gerar até 7% de economia na conta da prefeitura (fonte: Projetos implementados pelo Procel GEM)

- Ações de gestão (de baixo custo ou custo zero) podem gerar até 7% de economia na conta da prefeitura (fonte: Projetos implementados pelo Procel GEM)
- Reduzir o tempo de uso da iluminação num prédio público em 1h/dia pode representar até 10% de economia da energia gasta em iluminação. (OBS: Considerando a iluminação utilizada normalmente durante 10h/dia)
- A substituição de 100 lâmpadas incandescentes por fluorescentes compactas reduzem o consumo em quase de 1.700kWh/mês (73% de economia), ou R\$650,00/mês (Lâmpada incandescente 100W x Lâmpada fluorescente compacta 23W; 10h uso/dia; Tarifa Média Poder Público Brasil R\$0,38111/kWh - Aneel).
- A substituição das mesmas 100 lâmpadas incandescentes por LEDs reduzem o consumo em 1.870kWh/mês (85% de economia), ou R\$710,00/mês (Lâmpada incandescente 100W x LED 15W; 10h uso/dia; Tarifa Média Poder Público Brasil R\$0,38111/kWh - Aneel).
- A substituição de 100 lâmpadas fluorescentes tubulares 40W por equivalentes de 28W reduzem o consumo em mais de 270kWh/mês (30% de economia), ou R\$100,00/mês (Lâmpada fluorescente tubular 40W x Lâmpada fluorescente tubular 28W; 10h uso/dia; Tarifa Média Poder Público Brasil R\$0,38111/kWh - Aneel).
- A substituição de 100 lâmpadas fluorescentes tubulares 40W por LEDs tubulares de 18W reduzem o consumo em mais de 480kWh/mês (55% de economia), ou R\$180,00/mês (Lâmpada fluorescente tubular 40W x LED tubular 18W; 10h uso/dia; Tarifa Média Poder Público Brasil R\$0,38111/kWh - Aneel).
- Cem monitores de computador LED desligados durante 1h/dia (o almoço, por exemplo) geram uma economia de 550kWh/ano ou R\$210,00/ano. Se os monitores forem de LCD, a economia será de 925kWh/ano (R\$350,00/ano). E se forem mais antigos, do tipo CRT (tubo de imagem), a economia chega a 2.000kWh/ano ou R\$750,00/ano.
- O potencial total estimado de economia de energia do Setor Público, de 20%, representa cerca de 8.250GWh/ano, o suficiente para

abastecer 4.150 residências (Cálculo com base em dados do BEN 2014 e Aneel). A economia de recursos seria de R\$3,1 milhões/ano (Tarifa Média Poder Público Brasil R\$0,38111/kWh - Aneel).

## 5. SETOR DE SANEAMENTO

O potencial de economia de energia nas prefeituras é, geralmente, alto. Isto ocorre pela falta de controle e de acompanhamento do consumo de energia das unidades consumidoras da Prefeitura. Mas algumas dicas podem ajudar o município a reduzir seu consumo mesmo antes da implementação da Gestão Energética Municipal:

- Economizar água também é importante, porque quanto menos ela for utilizada, menor será a quantidade de energia elétrica consumida para seu transporte até a torneira
- Feche a torneira ao escovar os dentes.
- Para fazer a barba, feche a torneira enquanto estiver usando a lâmina.
- Ligue o chuveiro somente depois de tirar a roupa e desligue-o ao ensaboar-se
- Limpe os pratos e panelas com um papel toalha antes de lavá-los. Assim você usa menos água
- Use a lavadora de louça na capacidade total. A quantidade de água e energia usadas são as mesmas, não importando a quantidade de louça que você está lavando.
- O mesmo vale para a lavadora de roupas. Utilize sua capacidade total e gaste menos água e menos energia elétrica.
- Utilize uma quantidade de sabão adequada para não precisar repetir a operação de enxágue.
- No tanque, feche a torneira enquanto estiver esfregando a roupa.
- Ao lavar o carro, use balde para molhar, ensaboar e enxaguar o carro. Usando a mangueira você gasta muito mais água!
- Ao lavar a calçada, nunca use a mangueira. Use balde e uma vassoura.

- Substituir os vasos sanitários com válvula de parede por similares com caixa acoplada de 6 litros de água. O consumo de água é reduzido à metade.

Visite o [PROCEL SANEAR- Eficiência Energética em Saneamento Ambiental](#) neste site e obtenha ainda mais informações sobre redução dos desperdícios de água e energia!

**ANEXO I**

**DICAS DO SETOR INDUSTRIAL**

## **SISTEMAS MOTRIZES**

Abordar o sistema motriz como um todo se justifica uma vez que o motor elétrico é um conversor de energia com alta eficiência ao converter a energia elétrica em mecânica (se especificado e operado adequadamente). Sendo assim, há grandes potenciais de conservação de energia a partir da ponta do eixo do motor, não fazendo sentido, portanto, diagnósticos energéticos focados somente em substituição de motores elétricos. Isto, no entanto, não significa que a análise com eventual proposta de substituição de motores elétricos não deva ser considerada, até mesmo porque este equipamento está presente em todos os sistemas motrizes industriais acionados por energia elétrica, e em muitos casos, o seu carregamento é baixo, o que acarreta em baixos rendimentos e fator de potência. A recomendação do Procel Indústria é que a análise dos motores elétricos seja realizada após a verificação dos demais componentes do sistema. Muitas das vezes esta visão sistêmica viabiliza a implementação das ações propostas.

[Voltar](#)

## **INSTALAÇÕES ELÉTRICAS**

### **DICAS GERAIS**

- Seguir as recomendações das normas ABNT NBR 5410 - Instalações Elétricas de Baixa Tensão e NR 10 - Segurança em Instalações e Serviços em Eletricidade.
- Evite sobrecarregar as instalações elétricas e mantenha bem balanceada as redes trifásicas. O condutor superaquecido é, normalmente, um sinal de sobrecarga (perdas elevadas). Deve-se substituir este condutor por outro de maior bitola ou redistribuir a sua carga para outros circuitos.
- Recomenda-se realização periódica de exames termográficos nas instalações elétricas para detecção dos pontos de elevado aquecimento (desperdício de energia elétrica por efeito joule) na instalação.
- Para potências elevadas, dê preferência ao transporte de energia em alta-tensão. Realize um estudo técnico-econômico, verificando a possibilidade de instalação de transformadores próximos às cargas solicitantes.
- Uma causa muito comum de perda de energia e o conseqüente aumento na conta de energia elétrica é a fuga de corrente. Além disso, fugas de corrente são um comprometimento da segurança, devendo ser sanadas assim que detectadas.
- As principais causas de fuga de corrente 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.
- Efetue periodicamente um exame completo na instalação, verificando o estado de conservação e limpeza de todos os componentes.
- Troque peças defeituosas ou em más condições.
- Não utilize materiais de qualidade inferior, pois estes prejudicam a passagem de corrente elétrica e provocam superaquecimento.



- Sempre que houver necessidade da instalação de novos aparelhos, ou simplesmente aumento significativo de carga, deve-se consultar a concessionária para verificar a disponibilidade de fornecimento na rede.
- Deve-se também consultar um profissional habilitado para averiguar se a fiação e sua respectiva proteção estão de acordo com a nova carga. A sobrecarga de circuitos elétricos pode provocar, além de elevadas perdas, acidentes graves! Troque fios desencapados, velhos ou defeituosos imediatamente.
- As emendas de fios e cabos devem ser bem feitas, através de conectores apropriados, devendo-se dar atenção às emendas de cobre com alumínio, utilizando-se nesse caso conectores bimetálicos.
- Não efetuar emendas com fios de seções (bitola) diferentes. Além de perigosas, essas práticas podem aumentar as perdas no sistema.

### **INVERSORES DE FREQUÊNCIA (VARIADOR ELETRÔNICO DE VELOCIDADE)**

- As cargas centrífugas quer sejam bombas, ventiladores, exaustores ou compressores, são as melhores candidatas para aplicação de inversores de frequência, uma vez que, numa análise simplificada, têm a potência requerida diretamente proporcional ao cubo da velocidade.
- As aplicações envolvendo bombas, ventiladores, exaustores, insufladores etc.(centrífugos) frequentemente utilizam válvulas de estrangulamento para controle de vazão. O controle de vazão realizado dessa forma é ineficiente, sendo análogo a se controlar a corrente em um circuito elétrico utilizando resistores. Assim, é recomendável verificar a viabilidade técnica e econômica de se utilizar inversores de frequência nessas aplicações. Com a instalação do acionamento eletrônico, as válvulas devem ser bloqueadas na posição aberta.
- Inversores de frequência normalmente são recomendados quando é necessário um controle de vazão do fluido bombeado. Deste modo, nem sempre o seu uso implicará em economia de energia.

- Benefícios adicionais decorrentes da utilização de inversor de frequência são: eliminação da válvula (manutenção), eliminação de golpes de ariete, redução da corrente de partida do motor, diminuição do ruído, dentre outras;
- O compressor alternativo ou de pistão é muito utilizado nas indústrias devido à sua alta capacidade de armazenamento e de pressão, baixo custo e alto rendimento. Porém, estes compressores apresentam baixa confiabilidade e alto custo de manutenção. Recomenda-se, então, verificar a viabilidade de substituí-lo por compressor centrífugo de alta velocidade controlado por inversor de frequência. Essa alternativa dispensa, ainda, o uso de engrenagens, simplificando a instalação e evitando problemas de alinhamento;
- Sempre verificar a possibilidade do uso de sistemas de variação de velocidade em sistemas de bombeamento com bombas centrífugas, pois é muito comum encontrar sistemas em que, para se adequar a vazão, utilizam-se válvulas redutoras de pressão e/ou desvios do tipo "by-pass". Convém se estudar o regime a plena vazão e se o mesmo realmente existe. É bastante comum encontrar equipamentos que foram superdimensionados, operando durante todo o tempo em vazões bem abaixo da nominal;
- Além das aplicações apresentadas anteriormente, inversores de frequência apresentam excelentes resultados quando aplicados aos processos industriais. Neste caso, além da redução do consumo de energia elétrica, obtêm-se ganhos no controle do processo e na qualidade, além de maior flexibilização, facilitando a produção;
- É importante não esquecer que, se por um lado, os inversores de frequência podem trazer grande economia e flexibilidade no controle dos motores elétricos, por outro, como modificam as formas de onda de tensão e corrente, são introduzidos harmônicos no sistema elétrico. Esses harmônicos podem provocar: maiores perdas por aquecimento nos equipamentos, torques oscilatórios, ressonâncias elétricas com consequentes sobretensões ou sobre correntes, interferências

eletromagnéticas, além de picos, corte ou flutuações de tensão na rede elétrica.

Para mais informações acessar o Capítulo 14 do livro "[Conservação de energia: eficiência energética de equipamentos e instalações](#)".

Se você deseja aprofundar um pouco mais neste tema, baixe do portal Procel Info o seguinte livro: "[Guia operacional de acionamentos eletrônicos](#)".

[Voltar](#)

## MOTOR ELÉTRICO

- Conforme já mencionado, é de suma importância ter em mente que o motor elétrico é um elemento que transforma a energia da forma elétrica para a forma mecânica, ou seja, ele é um elemento de transferência entre a rede elétrica e o sistema mecânico acionado. Equivocadamente, é atribuída aos motores elétricos a expressão grande “consumidor” de energia. Grande parte da energia que seria “consumida” está sendo, na verdade, transferida na forma mecânica para a carga que está sendo acionada. De fato, como qualquer outro conversor de energia, o motor consome uma parcela de energia relativa às suas perdas internas, mas esse valor corresponde a uma quantidade bem reduzida da quantidade de energia que é convertida da forma elétrica para mecânica (se o motor elétrico foi especificado e é operado adequadamente). Por exemplo, um motor que solicita da rede de alimentação 100 kW de potência elétrica e transforma 94 kW para potência mecânica, ele está consumindo na realidade, somente 6 kW;
- É muito comum encontrar motores elétricos superdimensionados, o que normalmente faz com que o rendimento e o fator de potência do mesmo apresentem valores reduzidos, o que não é recomendável. De modo a evitar superdimensionamento ao se especificar um motor, é importante conhecer as características da carga, da rede de alimentação e ambientais, conhecer métodos para dimensionamento adequado, não exagerar na aplicação de sucessivos fatores de segurança, estar ciente da possibilidade de especificar motor com fator de serviço maior que 1,0. Uma prática comum em muitas indústrias é substituir motor que apresenta defeito por máquina de maior potência disponível no almoxarifado;
- Recomenda-se que a avaliação do carregamento do motor elétrico e consequente análise para substituição do mesmo seja feita depois de eliminados os desperdícios nos demais componentes do sistema motriz. É possível que com a eliminação das perdas nos diversos componentes do sistema motriz, o rendimento atinja níveis ruins (em geral, isso ocorre para carregamento abaixo de 50%), pois o motor passa a operar na

região de superdimensionamento, já que a carga solicita uma potência menor. Comportamento análogo ocorre em relação ao fator de potência. Seguindo essa orientação, poderá ser recomendada a substituição do motor por outro de menor potência, tornando mais atrativa economicamente a proposta comparada à substituição recomendada sem avaliação do sistema motriz como um todo;

- Caso a carga do motor seja constante, de posse das curvas do motor, a determinação do carregamento pode ser feita através da medição da corrente, da potência ou da rotação de seu eixo. Recomenda-se utilizar programa computacional para subsidiar a análise como, por exemplo, o BDMotor, elaborado pela Eletrobras Cepel. É necessário que sejam levantados os dados de placa dos motores. O BD Motor está disponível para *download* no portal Procel Info;
- Caso a carga seja variável, é necessária a utilização de analisadores de energia para avaliação da condição de carregamento, pois uma simples medição instantânea pode não coincidir com a carga máxima solicitada pela carga;
- É importante saber que, embora o superdimensionamento geralmente acarrete uma diminuição do rendimento, cada caso deve ser analisado, pois nem sempre isso será verdade. Em geral, para cargas entre 75 e 100% da potência nominal, o motor pode ser considerado bem dimensionado;
- Na aquisição de um novo motor, dar preferência ao motor com selo Procel. Especificar o motor com potência adequada, verificando se suas características são adequadas às condições do ambiente onde está instalado (temperatura, atmosfera corrosível etc.). Instalar motor com ventilação adequada e em ambientes adequados.
- A substituição de um motor “em uso” por outro com rendimento superior tende a ser mais atrativa economicamente quando a aplicação requer um uso do motor por um maior número de horas;
- Na aquisição de um novo motor elétrico, deve ser considerado o custo de operação do motor elétrico durante sua vida útil, além de seu preço. Motores elétricos são equipamentos que possuem custo de operação

muito superior (por vezes superior a uma centena de vezes!) ao custo de aquisição (preço), o que pode viabilizar a aquisição de motores elétricos mais eficientes, apesar de serem mais caros;

- Recomenda-se monitorar a tensão de alimentação dos motores elétricos, uma vez que os mesmos têm seu dimensionamento otimizado para o funcionamento sob tensão nominal;
- Verificar o balanceamento das tensões, uma vez que o desequilíbrio é um dos fatores que contribui bastante para o aumento das perdas nos motores trifásicos, gerando correntes excessivas, elevação de temperatura e conseqüentemente à redução da vida útil, além da redução do conjugado disponível para a carga;
- Os harmônicos também aumentam as perdas do motor, além de reduzirem o conjugado disponível para a carga e de poderem provocar a existência de conjugados pulsantes;
- Adotar rotina de limpeza e remoção de depósito de materiais que possam obstruir a refrigeração, secagem periódica das bobinas (quando aplicável), inspeção de mancais e rolamentos (ruído, vibrações e lubrificação);
- É importante na retirada de rolamentos utilizar ferramentas adequadas (saca-polia, extratores) e na troca, que a colocação seja feita por prensa com apoio na pista central ou através de dispositivo de aquecimento (por indução ou banho de óleo), evitando-se o uso de martelo ou dispositivos que provoquem pancada;
- Inspeccionar periodicamente as conexões elétricas nos terminais do motor, nos contatos dos dispositivos de partida e dos elementos de comando. Conexões frouxas irão produzir perdas por efeito joule elevadas que podem acarretar, além do desperdício, sérios riscos às instalações, tais como a queima do revestimento isolante, tendo como conseqüência um curto-circuito ou até incêndio nas instalações.

Para mais informações acessar o Capítulo 11 do livro "[Conservação de energia: eficiência energética de equipamentos e instalações](#)"

Se você deseja aprofundar um pouco mais neste tema, baixe do portal Procel Info o seguinte livro: "[Guia operacional de motores elétricos](#)" e/ou o livro: "[Guia técnico de motor de alto rendimento](#)".

[Voltar](#)

## **TRANSMISSÃO MECÂNICA**

- Verificar cuidadosamente o alinhamento de eixos. O desalinhamento sobrecarrega mancais próximos e causa consumo excessivo de energia. Desalinhamento, sobretudo em acoplamentos plásticos, causa desgaste e diminuição da vida útil, além de influenciar na redução da eficiência de transmissão do conjunto transmissão mecânica x componente.
- Verificar a lubrificação. Além do aspecto relativo à redução do atrito, a refrigeração propiciada pela lubrificação permite que as peças que compõem a transmissão trabalhem mais livres. Esses dois fatores contribuem para a redução do consumo de energia elétrica.
- Verificar os valores estabelecidos em projeto para os redutores, caixas de engrenagem, corrente de transmissão e correias plana e em V, e compará-los com os valores de operação praticados.
- Cada tipo de correia está associada a um tipo de polia. Observar, ainda, se as correias estão pouco ou excessivamente tensionadas.
- Quando se observar uma correia pastosa deteriorada é sinal de contaminação por óleo. O problema deve ser sanado imediatamente, pois o deslizamento será muito maior que o esperado e o rendimento abaixo do esperado.
- Manter as correias de acionamento adequadamente ajustadas, trocando-as quando desgastadas. No caso de polias com múltiplas correias, recomenda-se que no rompimento de uma, todas sejam substituídas e não só a que se rompeu.
- Quando se observar desgaste na base da correia, deve-se providenciar reparos nas polias. As correias foram projetadas para tocar as faces laterais dos canais das polias. Esse problema também poderá levar a redução do rendimento.
- Verificar a viabilidade econômica de se substituir redutor de sem fim e coroa por redutor de eixos paralelos com redução dupla.

[Voltar](#)



## SISTEMAS DE BOMBEAMENTO

O projeto de um sistema de bombeamento deve levar em consideração a eficiência energética, enfocando os seguintes aspectos: NPSH (*Net Positive Suction Head*), diâmetro econômico, rendimento da bomba, peso específico de líquido bombeado, vazão, perdas de carga, golpe de aríete, dentre outros. No entanto, se o sistema já está em operação, grandes potenciais de redução de consumo de energia elétrica podem ser facilmente identificados na operação, manutenção e instalações, conforme apresentado a seguir.

### OPERAÇÃO

- Recomenda-se instrumentalizar o sistema de bombeamento minimamente com a instalação de medidores de pressão (vacuômetros e manômetros na sucção e no recalque respectivamente) e se viável, de vazão e potência elétrica também.
- Caso o sistema de bombeamento seja representativo em termos energéticos, recomenda-se monitorar remotamente as variáveis medidas, bem como a eficiência do sistema.
- Caso negativo sugere-se verificar periodicamente o ponto de operação da bomba, comparando-o com o ponto de máxima eficiência fornecido pelo fabricante (curva vazão x pressão). Dessa forma, é possível verificar o quanto o ponto de operação está afastado do ponto ideal de operação e o quanto está operando fora das condições que o sistema requer e, conseqüentemente, efetuar ajustes por meio de válvulas ou inversores.
- Verificar se existe válvula semifechada na sucção das bombas centrifugas ou qualquer outra obstrução parcial como, por exemplo, na válvula de pé com crivo ou no próprio crivo.
- Verificar se a pressão e temperatura na sucção estão próximas dos valores de projeto. Alterações na temperatura, por exemplo, tem como consequência perda de NPSH, causando desgaste interno e redução da eficiência podendo, até mesmo, danificar a bomba.

- Verificar se a bomba está operando no regime para qual ela foi projetada (permanente/intermitente horas de operação/dia etc).

## **MANUTENÇÃO**

- Seguir as recomendações do fabricante quanto à manutenção preditiva e preventiva, bem como em relação ao programa de substituição e acompanhamento de itens.
- Verificar se faz parte do programa de manutenção, em caráter periódico (conforme recomendação do fabricante), a abertura total da bomba para exame das condições de desgastes de componentes rotativos. Ao montar a bomba, devem ser mantidas as folgas estabelecidas nos manuais de operação e manutenção.
- A manutenção das folgas internas é importante, pois a vazão da bomba, a uma determinada altura manométrica, é reduzida proporcionalmente ao aumento da vazão recirculada. Isto significa um deslocamento da curva de performance da bomba, ou seja, na operação em condição de menor rendimento e também no aumento do tempo de operação para bombear um determinado volume de líquido.
- Verificar se o rotor da bomba está balanceado.
- Recomenda-se analisar a possibilidade de se substituir anéis de desgaste por anéis de compostos termoplásticos cujas folgas admissíveis são bem menores, aumentando o rendimento da bomba. Avaliar, também, a possibilidade da utilização de rolamentos do tipo híbrido ou a substituição de rolamentos lubrificados a óleo por rolamentos lubrificados à graxa, e a substituição de acoplamentos antigos por novos acoplamentos flexíveis para a transmissão de elevados níveis de torque e com excelente comportamento referente à absorção de vibrações.

## INSTALAÇÃO

- O revestimento interno das tubulações deve ser mantido o mais liso possível. Recomenda-se, por exemplo, fazer uso de pinturas especiais (quando aplicável), que além da proteção química cria uma superfície lisa que reduz de maneira considerável a perda de carga.
- Em paradas programadas de manutenção da planta, agendar hidrojateamento para limpeza interna das tubulações, de modo eliminar depósitos, os mais variados possíveis, que podem restringir a vazão e aumentar a altura manométrica do sistema (*head* – pressão de descarga).
- Limpar periodicamente os reservatórios e tanques de sucção, reduzindo a quantidade de sólidos suspensos. Estes sólidos causam desgastes excessivos nos componentes internos das bombas. Em algumas situações, podem ser instalados filtros.
- Verificar se as válvulas instaladas são de modelo antigo, que apresentam uma grande perda de carga interna. Nestes casos, mais cuidados operacionais devem ser aplicados ao serem efetuados ajustes nas mesmas.

Para mais informações acessar o Capítulo 8 do livro "[Conservação de energia: eficiência energética de equipamentos e instalações](#)".

Se você deseja obter uma série de informações práticas para a identificação de oportunidades de melhoria da eficiência energética nos sistemas de bombeamento, acesse gratuitamente o livro "[Eficiência energética em sistemas de bombeamento: Manual prático](#)" no portal Procel Info.

Agora, se você quer aprofundar ainda mais os seus conhecimentos baixe gratuitamente o livro "[Eficiência energética em sistemas de bombeamento](#)" no portal Procel Info.

Alguns softwares podem auxiliar na estimativa da eficiência das operações de bombeamento. Dentre eles estão o "[PSAT – Pumping System](#)

[Assessment Tool](#)" e o "[PumpSave](#)", que também estão disponíveis para download no portal Procel Info.

[Voltar](#)

## SISTEMAS DE VENTILAÇÃO E EXAUSTÃO

- Além de selecionar ventilador com o melhor rendimento, é necessário também que o conjunto girante seja devidamente instalado e operado, devendo ainda sofrer uma manutenção conveniente.
- Não exagerar na definição da margem de segurança dos ventiladores e exaustores, uma vez que o sobredimensionamento é uma das maiores causas de consumo de energia em excesso nessas máquinas.
- Rotores fechados proporcionam melhores rendimentos se comparados com os abertos que possuem muitas perdas por fugas.
- Rotores de pás curvadas para trás e com perfil aerodinâmico possuem maior rendimento comparado aos rotores de pás retas ou pás curvadas para frente.
- Verificar a viabilidade econômica de se substituir sistema com velocidade constante e controle de vazão via estrangulamento de válvula por sistemas com inversor de frequência. Outra solução, algumas vezes adotada, é a utilização de dois ou três ventiladores operando em paralelo, para atender as variações da instalação. Os três operariam para suprir a maior capacidade do sistema e, quando fosse solicitada uma vazão menor, apenas uma máquina operaria, consumindo bem menos energia que no primeiro caso.
- Verificar se o ângulo das pás do ventilador é o correto, caso negativo, acionar a manutenção.
- Verificar o ponto de operação do ventilador, comparando-o com o ponto de máxima eficiência fornecido pelo fabricante (curva vazão x pressão). Dessa forma, é possível verificar o quanto o ponto de operação está afastado do ponto ideal de operação e o quanto está operando fora das condições que o sistema requer e, conseqüentemente, efetuar ajustes por meio de *dampers* ou inversores. Verificar se o ventilador está operando no regime para qual ela foi projetado (permanente/intermitente, horas de operação/dia etc).

Para mais informações acessar o Capítulo 8 do livro "[Conservação de energia: eficiência energética de equipamentos e instalações](#)"

O software "[FSAT - Fan System Assessment Tool](#)", disponível para download no portal Procel Info, auxilia no cálculo da quantidade de energia utilizada por um sistema de ventiladores, determina a eficiência do sistema e quantifica o potencial de economia para uma determinada substituição do sistema.

Também está disponível para download o software "[FanSave](#)" que permite a comparação entre o controle por acionamentos de velocidade variável (AVV) contra controles tradicionais em ventiladores e calcula a energia e dinheiro economizados com a aplicação de um AVV, assim como o retorno de capital e valor presente líquido.

[Voltar](#)

## **SISTEMAS DE AR COMPRIMIDO**

As principais causas de perdas de eficiência em sistemas de ar comprimido (geração, distribuição e uso final) são vazamentos, operação com pressão elevada e altas temperaturas na captação do ar, conforme apresentado a seguir:

### **VAZAMENTOS**

- É importante ter consciência de que qualquer sistema de ar comprimido apresenta vazamentos em maior ou menor escala. Uma prática incorreta, muito comum em algumas indústrias, é, ao invés de se procurar, identificar e minimizar vazamentos aumenta-se a pressão, o que faz aumentar mais ainda as perdas nos vazamentos. A maneira mais simples de detecção de vazamentos em tubulações/conexões de ar comprimido consiste em passar água com sabão ao longo das mesmas, marcando os pontos de bolhas, para posterior correção pela equipe de manutenção. Uma forma mais sofisticada é utilizar detector ultrassônico de vazamentos. Em situações críticas, é possível ouvir ruídos causados pelos vazamentos.
- Utilizar válvulas de bloqueio acionadas por solenoides junto aos equipamentos que operam intermitentemente. O objetivo é evitar que durante as paralisações ocorram fugas do ar pelo equipamento.
- Desligar o compressor de ar à noite, quando não há produção, pois neste período o compressor trabalha somente para cobrir perdas por vazamento (essa é uma ação óbvia, mas é comum sua não observância).
- Por meio de campanhas internas, institucionalizar o uso de marcadores (fitas, adesivos etc.) afixados em pontos de vazamentos de ar detectados pelos funcionários, para posterior correção pela manutenção.
- Para sistemas de ar comprimido de grande porte, manter uma equipe de trabalho constante para detecção e correção dos vazamentos, comumente denominada de "Caça vazamentos".
- Se possível, realizar testes de vazamentos periodicamente, monitorar os índices e estabelecer metas de redução de vazamentos.

## **OPERAÇÃO COM PRESSÃO ELEVADA**

Conforme já mencionado, uma prática comum em algumas indústrias é, ao invés de se procurar, identificar e minimizar vazamentos; aumenta-se a pressão, o que faz aumentar mais ainda as perdas nos vazamentos. Sendo assim, vale mencionar as seguintes dicas:

- Verificar se os compressores operam com valores de pressão superiores a necessidade do sistema, o que causa um prejuízo considerável em termos de eficiência energética. Uma simples regulagem traz benefícios surpreendentes e sem custos.
- Verificar se o reservatório (pulmão) de ar está bem dimensionado. Quando subdimensionados, o compressor entra em operação um maior número de vezes, acarretando em maior consumo de energia elétrica.
- Os equipamentos que requerem a maior pressão de ar comprimido devem estar localizados o mais próximo possível da sala de compressores.
- Mantenha a regulagem da pressão dos compressores compatível com a vazão de ar demandada pelos equipamentos.
- Caso seja necessário reduzir a pressão por algum motivo, recomenda-se que isto seja efetuado o mais próximo possível do equipamento.

## **ALTAS TEMPERATURAS NA CAPTAÇÃO DO AR**

- Sempre que possível, a tomada de ar deve ser externa, não devendo, entretanto, estar exposta diretamente ao sol.
- O compressor deve ser instalado em área bem ventilada, de modo que o mesmo capte o ar mais frio possível.
- Quando o compressor não estiver instalado em ambiente arejado, deve-se adequar a instalação no que diz respeito a tomada de ar, que deve ser em local sombreado (normalmente é uma pequena modificação de projeto, com baixo custo, que traz um retorno considerável).



## **DEMAIS DICAS**

- Efetuar a drenagem de condensados dos pontos de menor cota em redes sem óleo e aplicar o sistema de purga em redes com óleo.
- Verificar periodicamente as condições físicas dos compressores. Compressores com vazamentos internos, desgaste excessivo em anéis de segmento e válvulas consomem mais energia e produzem menores quantidades de ar que a sua capacidade nominal.
- Fazer limpeza periódica ou trocar os filtros de ar.
- Fazer a limpeza de filtros separadores de óleo no caso de compressores de parafuso.
- Evitar tubulações de diâmetro variado e curvas desnecessárias nos trajetos entre a geração e o reservatório de distribuição.
- Realizar, periodicamente, drenagem do reservatório central.
- Inspeccionar tubulações, válvulas e elementos de ligação quanto a vazamentos de água de arrefecimento das unidades compressoras.
- Tratar a água de resfriamento das unidades compressoras periodicamente, utilizando os meios adequados.
- Utilizar, sempre que possível, circuitos de arrefecimento regenerativos.
- Manter limpas as superfícies dos trocadores de calor (intercoolers), facilitando assim a troca térmica.
- Retirar da rede de distribuição todos os ramais secundários desativados ou inoperantes, no sentido de evitar acúmulos de condensado, perda de carga excessiva e vazamentos.
- Utilizar 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.
- Efetuar tomadas de ar para ramais secundários sempre por cima da tubulação principal visando evitar arraste de condensado.
- Efetuar as tomadas de ar dos ramais secundários sempre próximas aos equipamentos, evitando, sempre que possível, longos trajetos para os ramais secundários.

- Utilizar os diversos tipos de válvulas de acordo com a sua aplicação específica. Evitar, por exemplo, o uso de registro de bloqueio para regulação de fluxo e vice-versa.
- O compressor alternativo ou de pistão é muito utilizado nas indústrias devido à sua alta capacidade de armazenamento e de pressão, baixo custo e alto rendimento. Porém, estes compressores apresentam baixa confiabilidade e alto custo de manutenção. Recomenda-se, então, verificar a viabilidade de substituí-lo por um compressor centrífugo de alta velocidade controlado por inversor de frequência.

Para mais informações acessar o Capítulo 12 do livro "[Conservação de energia: eficiência energética de equipamentos e instalações](#)".

Se você deseja obter uma série de informações práticas para a identificação de oportunidades de melhoria da eficiência energética nos sistemas de ar comprimido, acesse gratuitamente o livro "[Eficiência energética em sistemas de ar comprimido: Manual prático](#)" no portal Procel Info.

Agora, se você quer aprofundar ainda mais os seus conhecimentos baixe gratuitamente o livro "[Eficiência energética em sistemas de ar comprimido](#)" no portal Procel Info.

O software "[AirMaster+](#)", desenvolvido pelo DoE (Departamento de Energia Americano) é um programa gratuito, que auxilia na obtenção de informações sobre estimativas em sistemas de ar comprimido, sistemas existentes e expansões futuras bem como avaliar os benefícios provindos de medidas de eficiência energética.

[Voltar](#)

## TORRES DE RESFRIAMENTO

- Recomenda-se instrumentalizar a torre de resfriamento, minimamente com a instalação de medidores de temperatura (água quente, água fria e temperatura ambiente) e se possível, medir também a vazão de água (circulação, reposição e de purga), pressão (sucção e descarga das bombas) e potência elétrica (das bombas e dos ventiladores).
- Caso o consumo da torre de resfriamento seja representativo em termos energéticos e/ou crucial para o processo, recomenda-se monitorar remotamente as variáveis medidas. Caso negativo, sugere-se analisar periodicamente o *range* (diferença de temperatura entre a água quente e a resfriada), *aproach* (diferença entre a temperatura da água resfriada e a temperatura de bulbo úmido do ambiente), efetividade:  $(\text{Range}/[\text{Range}+\text{Aproach}])$  e a capacidade de resfriamento por meio de cálculo de engenharia.
- Monitorar a relação entre as concentrações da água de reposição e de purga para economizar água.
- Controlar os ventiladores de torre de resfriamento em função da temperatura da água de saída, desligando-os caso seja possível.
- Seguir os espaços recomendados pelo fabricante em torno das torres de resfriamento, realocando e/ou modificando estruturas que interfiram na entrada/saída do ar.
- Otimizar o ângulo da pá do ventilador da torre em função das condições ambientais e /ou carga térmica.
- Limpar periodicamente os bicos de pulverização. Caso não estejam funcionando adequadamente, recomenda-se a substituição por novos com o objetivo de se obter um perfil de distribuição de água mais uniforme.
- Cobrir as bacias de água para minimizar o crescimento de algas que contribuem para o entupimento dos bicos distribuidores de água.

[Voltar](#)

## **CORREIAS TRANSPORTADORAS**

- Estabelecer metodologia de manutenção preventiva e preditiva. Além de aumentar a vida útil dos equipamentos essas medidas são importantes, também, sob o ponto de vista energético.
- Verificar o estado dos rolamentos dos roletes. A lubrificação muitas vezes é negligenciada, uma vez que os roletes ficam em lugares altos, de acesso complicado.
- Verificar sempre se a correia/esteira parte sem carga. É comum desligar o sistema com a correia carregada. Quando reinicia, parte-se o sistema com carga adicional desnecessária, o que leva ao aumento do consumo de energia.
- Verificar se pode ser melhorado o sistema de limpeza da correia transportadora.
- Caso a carga caia verticalmente sobre a correia, colocar uma chapa de desvio de modo a se obter algum componente de velocidade na direção do movimento, aproveitando-se a força da gravidade.
- Na medida do possível, ocupar toda seção da correia transportadora.
- Verificar a lubrificação. O movimento relativo das peças que o compõem o acoplamento deve trabalhar o mais livre possível, o que diminui e muito o consumo de energia.

[Voltar](#)

## **SISTEMAS DE REFRIGERAÇÃO**

### **SISTEMAS DE EXPANSÃO DIRETA E INDIRETA**

#### **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:

- Verificação do estado de conservação do isolamento térmico das tubulações de líquido e de gás.
- Verificar se a unidade condensadora está localizada em ambientes com ventilação natural, sem exposição ao sol e longe de outros equipamentos que irradiem calor.
- Verificar a possibilidade de modulação de carga das unidades compressoras.
- Limpar regularmente os evaporadores e condensadores do sistema.
- Verificar se existe vazamento de fluido refrigerante.
- Verificar se os sistemas de proteção e controle estão funcionando adequadamente.
- Observar as recomendações de armazenamento dos produtos estocados nas câmaras (temperatura, umidade relativa e tempo de armazenamento).
- Verificar o estado das tubulações e conexões (observe se há oxidação e/ou curvas inadequadas).

## **SISTEMAS DE EXPANSÃO INDIRETA**

Estes sistemas compreendem o processo de refrigeração em que a água gelada é o meio de transporte da potência frigorífica, sendo que os equipamentos de geração (chillers, centrífugas etc.) resfriam a água que será utilizada como volante térmico em processos específicos. A lista a seguir traz medidas práticas para o uso racional de energia. Esta lista deve ser implementada no plano de manutenção preventiva para sistemas de refrigeração:

- Verificar, quando possível, as condições internas das superfícies trocadoras de calor (evaporadores e condensadores) no tocante a incrustações, eliminando-as se for o caso.
- A perda de pressão nos trocadores de calor é um indicativo de existência de incrustações.
- Controlar a perda de pressão nas serpentinas dos trocadores de calor, instalando manômetros na entrada e saída.
- Verificar se a carga do fluido refrigerante está completa.
- Verificar a existência de vazamento de fluido refrigerante.
- Tratar continuamente a água de condensação.
- Verificar as condições dos filtros nas linhas de refrigerante. Mas atenção! 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.
- Verificar se a atuação dos elementos de controle do equipamento está correta.
- Monitorar a atuação e regulagem adequada 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.

- Verificar vazamentos de água no circuito de condensação.
- Verificar estado atual do isolamento das tubulações, acessórios e válvulas.
- Avaliar a 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.
- A água gelada deve ser tratada quimicamente.
- Limpar periodicamente as serpentinas dos trocadores.
- Verificar o funcionamento correto dos elementos de controle do circuito de água gelada (válvulas de três vias, duas vias etc.).

## **RECOMENDAÇÕES GERAIS**

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

- Regular sempre o termostato. No caso de câmaras frigoríficas, de acordo com a temperatura de armazenamento dos produtos armazenados e período de armazenamento.
- Procurar sempre armazenar na mesma câmara produtos que necessitem a mesma temperatura, percentual de umidade e mesmo período de armazenagem.
- Manter 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.
- Manter, sempre que possível, as portas das câmaras frigoríficas fechadas e vedadas, inclusive as portas das antecâmaras.

- Manter 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, manter sempre o fluxo correto de água gelada, fluido refrigerante e vazão de ar.
- Usar, nas câmaras frigoríficas, somente lâmpadas mais eficientes, preferencialmente frias, mantendo o nível de iluminância adequado.
- Evitar, sempre que possível, instalar condensadores ao alcance de raios solares ou próximos a fornos, estufas, ou quaisquer equipamentos que irradiem calor.
- Utilizar cortina de ar, quando não houver antecâmara.
- Recuperar, 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.
- Estudar 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.

Para mais informações acessar o Capítulo 9 do livro "[Conservação de energia: eficiência energética de equipamentos e instalações](#)"

Se você deseja obter uma série de informações práticas para a identificação de oportunidades de melhoria da eficiência energética nos sistemas de refrigeração, acesse gratuitamente o livro "[Eficiência energética em sistema de refrigeração industrial e comercial – Manual Prático](#)", clicando no *link* Manual de Refrigeração no portal Procel Info.



Agora se você quer aprofundar ainda mais os seus conhecimentos baixe gratuitamente o livro "[Eficiência energética em sistema de refrigeração industrial e comercial](#)", clicando no *link* Livro Refrigeração no portal Procel

Info.

[Voltar](#)

## **OPORTUNIDADES PARA AS DEMAIS CARGAS INDUSTRIAIS**

### **CALOR DE PROCESSO**

Utilizado para troca de calor com vapor d'água ou fluídos térmicos. Baixa aplicação com energia elétrica. Principais ações de eficiência energética:

- Tratamento para desmineralização da água
- Isolamento de caldeiras e linhas de distribuição
- Manutenção de purgadores

Potencial: 10% com a modernização e instalação de novos fornos e caldeiras

[Voltar](#)

### **AQUECIMENTO DIRETO**

Utilizado em fornos a arco e de indução para obtenção de ferroligas e metais não ferrosos. Principais ações de eficiência energética:

- Melhorias no controle dos fornos (ajuste fino por sensores), alimentação por tiristores
- Melhoramento da isolação
- Otimização da produção
- Carregamentos nominais
- Menores intervalos entre as bateladas

Potencial: 10% com a modernização e instalação de novos fornos e caldeiras

[Voltar](#)

## ELETROQUÍMICA

Utilizado nos setores de não ferrosos, na redução do alumínio, na purificação do cobre, na produção de cloro-soda. Principais ações de eficiência energética:

- Alumínio: substituição do processo Söderberg por: (i) anodos pré-cozidos, (ii) catodos e anodos inertes, (iii) processos carbotécnicos
- Cobre: Melhora na conservação da planta, temperatura e vazão do eletrólito e aditivação do banho
- Cloro-soda: Substituição das células de mercúrio por: (i) diafragma, (ii) membrana

Potenciais: redução de 7% (Alumínio e cobre), 10% (cloro-soda)

[Voltar](#)

## ILUMINAÇÃO

- Para o atendimento das necessidades de iluminação existe uma relação correta entre a quantidade e a qualidade da luz necessária, a fonte de luz a ser utilizada, a tarefa visual a ser executada, a produtividade exigida e as condições de segurança da instalação. Em consequência, torna-se necessário analisar a quantidade e o tipo de iluminação adequados à natureza da utilização de cada ambiente.
- Meça, com auxílio de um luxímetro, o nível de iluminação interna existente, procurando avaliar se está compatível com as necessidades consultando a norma ABNT NBR ISO/CIE 8995 – 1:2013 – Iluminação de Ambientes de Trabalho. Onde houver iluminação em excesso, deve-se estudar a possibilidade de se reduzir esse nível pela diminuição do número de lâmpadas sem prejuízo da segurança e da produtividade.
- Percorrer, para posterior análise, as instalações da indústria, anotando o tipo de lâmpada, potência, tipo de luminária e tipo de reator, se houver.

Anote os horários e rotinas de trabalho dos diversos ambientes da indústria.

- Existem diversos tipos de lâmpadas disponíveis no mercado, para diversas utilizações. Contudo, a característica mais importante na escolha da lâmpada é a sua eficiência luminosa. Define-se como eficiência luminosa, a capacidade da fonte de luz em converter eletricidade em luminosidade. A eficiência luminosa é medida em lumens/watt. Quanto maior for essa relação maior será a eficiência da lâmpada.
- As luminárias devem promover uma adequada distribuição da luz emitida, proporcionando o máximo aproveitamento no plano de trabalho, além de fixar e proteger a lâmpada. A eficiência de uma luminária é a relação entre o fluxo luminoso por ela emitido, e o fluxo da lâmpada. Esse valor varia conforme o tipo de luminária, sua construção física e a finalidade a que se destina. Quanto maior a sua eficiência, menor será a quantidade de lâmpadas necessárias para promover a iluminação desejada e, portanto, mais econômico em termos operacionais será o sistema adotado.
- Observe eventuais divergências entre os tipos de lâmpadas utilizadas e os tipos mais econômicos. Verifique a possibilidade de substituição, quando essa divergência for identificada. Caso isso seja possível, estabeleça um programa para executar esse trabalho, lembrando que as substituições poderão ser efetuadas à medida que ocorram queima de lâmpadas em uso.
- Verifique se foram encontradas luminárias de baixa eficiência e estude a possibilidade de substituí-las.
- Verifique os reatores utilizados e suas respectivas perdas. Se forem identificados reatores com perdas elevadas, proceda à substituição dos mesmos por outros mais eficientes conforme as queimas forem ocorrendo.
- Sempre que possível, deve-se utilizar lâmpadas de maior potência nominal em vez de várias lâmpadas de menor potência nominal, pois quanto maior for a capacidade das lâmpadas maior será seu rendimento.

- Procure estabelecer um programa de conscientização dos funcionários para desligar a iluminação em salas ou ambientes não ocupados.
- Verifique os sistemas de comando de iluminação, observando se há flexibilidade suficiente (número de interruptores num mesmo ambiente) para manter iluminados apenas os locais efetivamente necessários.
- Procure, na medida do possível, realocar as áreas de trabalho, movimentando mesas ou outras superfícies de trabalho para posições que aproveitem ao máximo os dispositivos de iluminação existentes.
- Quando possível, agrupe as tarefas que requeiram aproximadamente o mesmo nível de iluminação, providência que pode proporcionar uma redução no total de iluminação requerido.
- Caso durante a fase de diagnóstico sejam identificadas áreas de trabalho mal iluminadas, avalie a possibilidade de localizá-las próximo a janelas ou áreas que recebam iluminação natural. Procure, também, ampliar as janelas, reduzir obstruções à luz do sol, utilizando telhas translúcidas e outras alternativas.
- Estabeleça um programa periódico de limpeza das lâmpadas e luminárias existentes. Programe, também, a limpeza de paredes, pisos e tetos, para aumentar a reflexão da luz. Dê prioridade ao uso de cores claras e em ambientes onde a luz natural é importante. Vidros e janelas devem ser limpos com frequência regular.
- Adequar as rotinas e horários de limpeza do ambiente de trabalho a um mínimo de uso de iluminação artificial.
- Em áreas externas, tais como estacionamentos, locais de carga e descarga, entre outros, utilizar células fotoelétricas ou dispositivo de tempo.

[Voltar](#)

**ANEXO II**

**DETALHAMENTOS DAS DICAS DO**

**SETOR RESIDENCIAL**

**Consumo de energia elétrica em residências**

Em residências o percentual de consumo se estratifica em 27% referente a sistemas de refrigeração, 24% a aquecimento de água, 20% a ar condicionado, 15% a eletrodomésticos em geral e 14% a iluminação (Eletrobras, 2007a).

É importante frisar que a economia se dá caso a caso, no que tange às Edificações, dado que as condições de contorno são um fator extremamente influente. Há diversas tecnologias, materiais e técnicas construtivas, que podem contribuir para este efeito e a Eletrobras tem diversas publicações que versam sobre esses assuntos disponíveis gratuitamente para download no site [www.procelinfo.com.br](http://www.procelinfo.com.br).

Há diversos desafios relacionados a este tema, que perpassam desde aspectos tecnológicos e técnicos, passando por questões de normalização, financiamentos e incentivos específicos (criação de demanda) até credibilidade e quantificação de resultados. Entende-se que a questão da credibilidade e da quantificação de resultados é fundamental para garantir transparência e obter projetos e construções realmente eficientes.

Por esse motivo tem-se trabalhado prioritariamente no desenvolvimento de metodologias de certificação (embora também haja atividades em curso visando ao desenvolvimento de tecnologias, treinamento, disseminação de boas práticas, etc.), sejam de verificação de eficiência potencial – Etiqueta de Edificações e Selo Procel Edificações (já disponíveis ao mercado); sejam de verificação de eficiência energética efetiva (em uso) – Certificação de Desempenho Energético Operacional (em desenvolvimento), fundamentais para a correta orientação do mercado respectivamente de consumidores e usuários de edificações (em ambos os casos, consumidores de água e energia).

No momento o foco reside em obter recursos para criar infraestrutura adequada a estes processos, fundamentalmente por meio de um sistema de gestão de processos de certificação e gerenciamento de informações, de modo a garantir tanto o aval ao consumidor, quanto o cômputo de

resultados aos técnicos e gestores dos processos e a sua divulgação à sociedade em geral.

Para projetos de edificações novas ou grandes reformas, contrate profissionais especializados e busque um processo de avaliação de terceira parte, visando à obtenção do Selo Procel Edificações. Ele é a sua garantia de eficiência.

[Voltar](#)

## **Selo Procel Edificações**

O Selo Procel Edificações, estabelecido em novembro de 2014, é um instrumento de adesão voluntária que tem por objetivo principal identificar as edificações que apresentem as melhores classificações de eficiência energética em uma dada categoria, motivando o mercado consumidor a adquirir e utilizar imóveis mais eficientes. Este é um setor de extrema importância no mercado de energia elétrica, representando cerca de 50% do consumo de eletricidade do País.

Para obter o Selo Procel Edificações, recomenda-se que a edificação seja concebida de forma eficiente desde a etapa de projeto, ocasião em que é possível obter melhores resultados com menores investimentos, podendo chegar a 50% de economia. A metodologia de avaliação da conformidade está descrita no Regulamento para Concessão do Selo Procel de Economia de Energia para Edificações, bem como nos Critérios Técnicos específicos e baseiam-se no Regulamento Técnico da Qualidade para o Nível de Eficiência Energética em Edifícios Comerciais, de Serviços e Públicos (RTQ-C) e no Regulamento Técnico da Qualidade para o Nível de Eficiência Energética em Edificações Residenciais (RTQ-R) do Programa Brasileiro de Edificações – PBE Edifica.

O Selo Procel Edificações é outorgado tanto na etapa de projeto, válido até a finalização da obra, quanto na etapa da edificação construída.

Para mais informações consulte:

[www.procelinfo.com.br/selo\\_procel\\_edificacoes](http://www.procelinfo.com.br/selo_procel_edificacoes)



[Voltar](#)

## Janelas

As aberturas devem ser dimensionadas conforme o clima local. No Brasil, o clima é representado por 8 zonas bioclimáticas, de igual temperatura e umidade. A zona 1 é a mais fria e a 8 a mais quente.

A zona 1 inclui as cidades de Curitiba, Caxias do Sul, Lages, São Joaquim e Campos do Jordão. Nesses locais as aberturas para ventilação devem ter dimensões médias e devem ser sombreadas de forma a permitir a entrada de sol do inverno.

A zona 2 inclui as cidades de Laguna, Uruguaiana, Pelotas, Ponta Grossa e Piracicaba. Já a zona 3 inclui as cidades de Florianópolis, Camboriú, Chapecó, Porto Alegre, Rio Grande, Torres, São Paulo, Campinas, Pindamonhangaba, Sorocaba, Belo Horizonte, Foz do Iguaçu, Jacarezinho, Paranaguá e Petrópolis. Em ambas as zonas, as aberturas devem estar distribuídas nas diferentes fachadas da residência, de modo a garantir a ventilação cruzada no verão.

A zona 4 inclui as cidades de Brasília, Franca, Limeira, Ribeirão Preto e São Carlos. A zona 5 inclui as cidades de Niterói, São Francisco do Sul e Santos. Já a zona 6 inclui as cidades de Goiânia, Campo Grande e Presidente Prudente. Em todas elas as aberturas devem ser médias e sombreadas durante todo o ano.

A zona 7 inclui as cidades de Cuiabá e Teresina. Recomenda-se usar aberturas pequenas e sombreadas o ano todo, selecionando os momentos de abrir e fechar as janelas no verão.

A zona 8 inclui as cidades de Belém, Corumbá, Fernando de Noronha, Fortaleza, João Pessoa, Maceió, Manaus, Natal, Recife, Rio Branco, Rio de Janeiro, Santarém, Salvador, São Luiz e Vitória. Nela as aberturas devem ser grandes e totalmente sombreadas, privilegiando a ventilação cruzada permanente durante o ano todo.

Para mais informações consulte:

[www.procelinfo.com.br/selo\\_procel\\_edificacoes](http://www.procelinfo.com.br/selo_procel_edificacoes): INMETRO. **Regulamento Técnico da Qualidade para o Nível de Eficiência Energética de Edificações Residenciais**. MDIC, 2012.

[www.procelinfo.com.br/selo\\_procel\\_edificacoes](http://www.procelinfo.com.br/selo_procel_edificacoes): LAMBERTS, R.; DUTRA, L.; PEREIRA, R. **Eficiência energética na arquitetura – 3ª edição**. Eletrobras, Rio de Janeiro, 2014.

ABNT. NBR 15220-3/2003

[www.projeteee.ufsc.br](http://www.projeteee.ufsc.br)

[Voltar](#)

## Fachadas e cobertura

A composição das paredes externas e coberturas, que denominamos como *envoltória*, tem influência direta no ganho de calor de um edifício. Se for corretamente construída, a envoltória pode proteger o ambiente interno dos climas severos – muito frios ou muito quentes – ou harmonizar os ambientes internos e externos, quando o clima for ameno. No Brasil, o clima é representado por 8 zonas bioclimáticas, de igual temperatura e umidade. A zona 1 é a mais fria e a 8 a mais quente.

As edificações situadas nas regiões mais frias do país - zonas 1 e 2 - deverão ser construídas, ou reformadas, com paredes externas e cobertura de inércia térmica leve, sendo as coberturas idealmente isoladas. As paredes externas deverão ter transmitância térmica até  $2,5 \text{ W/m}^2\text{K}$  e capacidade térmica acima de  $130 \text{ kJ/m}^2\text{K}$ . Já para as coberturas o limite máximo de transmitância térmica é  $2,3 \text{ W/m}^2\text{K}$ . São exemplos de cidades nessa situação: Curitiba, Caxias do Sul, Lages, São Joaquim, Campos do Jordão, de Laguna, Uruguaiana, Pelotas, Ponta Grossa e Piracicaba.

Nas residências situadas nas regiões temperadas do país - zonas 3, 4, 5 e 6 - as paredes externas deverão ser pesadas, com capacidade térmica acima de  $130 \text{ kJ/m}^2\text{K}$ . Quando claras – com absorvância térmica até 0,6 - deverão

ter transmitância térmica até  $3,7 \text{ W/m}^2\text{K}$  e quando escuras - com absorptância térmica acima de  $0,6$  - deverão ter transmitância térmica até  $2,5 \text{ W/m}^2\text{K}$ . Já para as coberturas claras, o limite máximo de transmitância térmica é  $2,3 \text{ W/m}^2\text{K}$  e para as escuras, o limite máximo é  $1,5 \text{ W/m}^2\text{K}$ . São exemplos de cidades nessa situação: Florianópolis, Camboriú, Chapecó, Porto Alegre, Rio Grande, Torres, São Paulo, Campinas, Pindamonhangaba, Sorocaba, Belo Horizonte, Foz do Iguaçu, Jacarezinho, Paranaguá e Petrópolis, Brasília, Franca, Limeira, Ribeirão Preto e São Carlos, Niterói, São Francisco do Sul, Santos, Goiânia, Campo Grande e Presidente Prudente.

As residências situadas nas regiões mais quentes e secas do país - zona 7 - também deverão ser construídas, ou reformadas, com paredes externas pesadas, com capacidade térmica acima de  $130 \text{ kJ/m}^2\text{K}$ . Quando claras - com absorptância térmica até  $0,6$  - deverão ter transmitância térmica até  $3,7 \text{ W/m}^2\text{K}$  e quando escuras - com absorptância térmica acima de  $0,6$  - deverão ter transmitância térmica até  $2,5 \text{ W/m}^2\text{K}$ . As coberturas claras - com absorptância térmica até  $0,4$  - devem ter transmitância térmica máxima de  $2,3 \text{ W/m}^2\text{K}$  e quando escuras - com absorptância térmica acima de  $0,4$  - devem ter transmitância térmica máxima de  $1,5 \text{ W/m}^2\text{K}$ . São exemplos de cidades nessa situação: Cuiabá e Teresina.

Já as residências situadas nas regiões mais quentes e úmidas do País - zona 8 - devem ter paredes e coberturas leves e refletoras. As paredes externas quando claras - com absorptância térmica até  $0,6$  - deverão ter transmitância térmica até  $3,7 \text{ W/m}^2\text{K}$  e quando escuras - com absorptância térmica acima de  $0,6$  - deverão ter transmitância térmica até  $2,5 \text{ W/m}^2\text{K}$ . As coberturas claras - com absorptância térmica até  $0,4$  - devem ter transmitância térmica máxima de  $2,3 \text{ W/m}^2\text{K}$  e quando escuras - com absorptância térmica acima de  $0,4$  - devem ter transmitância térmica máxima de  $1,5 \text{ W/m}^2\text{K}$ . São exemplos de cidades nessa situação: Belém, Corumbá, Fernando de Noronha, Fortaleza, João Pessoa, Maceió, Manaus, Natal, Recife, Rio Branco, Rio de Janeiro, Santarém, Salvador, São Luiz e Vitória.

Para mais informações consulte:

[www.procelinfo.com.br/selo\\_procel\\_edificacoes](http://www.procelinfo.com.br/selo_procel_edificacoes): INMETRO. **Regulamento Técnico da Qualidade para o Nível de Eficiência Energética de Edificações Residenciais**. MDIC, 2012.

[www.procelinfo.com.br/selo\\_procel\\_edificacoes](http://www.procelinfo.com.br/selo_procel_edificacoes): LAMBERTS, R.; DUTRA, L.; PEREIRA, R. **Eficiência energética na arquitetura – 3ª edição**. Eletrobras, Rio de Janeiro, 2014.

ABNT. NBR 15220-3/2003

[www.projeteee.ufsc.br](http://www.projeteee.ufsc.br)

[Voltar](#)

## Ventilação e iluminação naturais

A oferta de ventilação e iluminação naturais varia de acordo com o clima local. No Brasil, o clima é representado por 8 zonas bioclimáticas, de igual temperatura e umidade. A zona 1 é a mais fria e a 8 a mais quente.

São exemplos da zona 1: Curitiba, Caxias do Sul, Lages, São Joaquim e Campos do Jordão; zona 2: Laguna, Uruguaiana, Pelotas, Ponta Grossa e Piracicaba, zona 3: Florianópolis, Camboriú, Chapecó, Porto Alegre, Rio Grande, Torres, São Paulo, Campinas, Pindamonhangaba, Sorocaba, Belo Horizonte, Foz do Iguaçu, Jacarezinho, Paranaguá e Petrópolis; zona 4: Brasília, Franca, Limeira, Ribeirão Preto e São Carlos; zona 5: Niterói, São Francisco do Sul e Santos; zona 6: Goiânia, Campo Grande e Presidente Prudente; zona 7: Cuiabá e Teresina; e zona 8: Belém, Corumbá, Fernando de Noronha, Fortaleza, João Pessoa, Maceió, Manaus, Natal, Recife, Rio Branco, Rio de Janeiro, Santarém, Salvador, São Luiz e Vitória.

Os ambientes de permanência prolongada – dormitórios e sala – das residências situadas nas zonas bioclimáticas 1, 2, 3, 4, 5, e 6 deverão possuir aberturas para ventilação natural com área mínima de 8% com relação a área do piso do ambiente, sendo passíveis de fechamento. Na

zona bioclimática 7, a área mínima para ventilação, também passível de fechamento, deverá ser de 5% da área do piso do ambiente e, na zona bioclimática 8, 10%. Em todas as residências, ao menos 50% dos banheiros, com exceção dos lavabos, deve possuir ventilação natural.

As unidades habitacionais (casas e apartamentos) situadas nas zonas bioclimáticas 2, 3, 4, 5, 6, 7, e 8 devem possuir ventilação cruzada, proporcionada por aberturas localizadas em mais de uma parede externa, de modo que a razão entre as áreas de abertura para ventilação das fachadas com menos áreas de abertura para ventilação e as áreas de abertura para ventilação da fachada com mais área de abertura para ventilação seja, no mínimo, 0,25.

A área destinada à iluminação natural das aberturas dos dormitórios e salas, em todas as zonas bioclimáticas, deverá ser, no mínimo, 12,5% da área do piso desses ambientes.

Para mais informações consulte:

[www.procelinfo.com.br/selo\\_procel\\_edificacoes](http://www.procelinfo.com.br/selo_procel_edificacoes): INMETRO. **Regulamento Técnico da Qualidade para o Nível de Eficiência Energética de Edificações Residenciais**. MDIC, 2012.

[Voltar](#)

## Iluminação

São os sistemas de iluminação que apresentam, indubitavelmente, o maior número de medidas para conservação de energia de fácil aplicação.

A evolução das técnicas de projeto e instalação, acompanhada do surgimento de novos equipamentos, com destaque especial aos novos tipos de lâmpadas eficientes, reatores eletrônicos e luminárias de alta eficiência, oferece uma considerável gama de alternativas para o alcance da efficientização energética.

Em instalações já existentes, podem ser introduzidas alterações em seus sistemas de comando de modo a modular o uso da iluminação de acordo com as necessidades. Em novas construções, pode-se introduzir modernas técnicas de arquitetura e construção que reduzam os requerimentos energéticos para iluminação.

Os projetos de iluminação devem considerar os índices mínimos de iluminamento definidos na norma NBR 5413 da Associação Brasileira de Normas Técnicas – ABNT de modo a manter o conforto e segurança dos usuários.

### **Para ambientes novos ou reformados:**

Nos projetos luminotécnicos eficientes, deve-se sempre buscar:

- Boas condições de visibilidade;
- Boa reprodução de cores;
- Economia de energia elétrica;
- Facilidade e menores custos de manutenção;
- Preço inicial compatível;
- Utilizar iluminação local de reforço;
- Combinar iluminação natural com artificial.

São objetivos a serem alcançados em um projeto de iluminação:

- Definir o nível de iluminância no local, de acordo com a utilização do ambiente. Para isso existem normas técnicas brasileiras e internacionais que orientarão o projetista.
- Obter uma distribuição razoavelmente uniforme das iluminâncias nos planos iluminados.
- Evitar o ofuscamento das pessoas que utilizam o local.
- Obter uma correta reprodução das cores dos objetos e ambientes iluminados.
- Escolher com critério os aparelhos de iluminação e o tipo de lâmpada a ser empregada para que se verifiquem as condições anteriores de uma

forma econômica, e que essas condições não se degradem sensivelmente com o tempo.

- Lembrar que a iluminação é parte de um projeto global, devendo se harmonizar com o mesmo. Ela define, em muitos casos, as características de um ambiente.

Em áreas comuns externas como jardins, estacionamentos externos, acessos de veículos e pedestres, a iluminação artificial que não for projetada para funcionar durante todo o dia deve possuir uma programação de controle por horário ou um fotossensor capaz de desligar automaticamente o sistema de iluminação artificial quando houver luz natural suficiente ou quando a iluminação externa não for necessária. Exceção é feita à iluminação de entrada ou saída de pessoas e veículos que exijam segurança ou vigilância.

Dar preferência ou substituir lâmpadas incandescentes por fluorescentes compactas ou LEDs e fluorescentes normais por modelos mais eficientes com reator eletrônico ou LEDs. Nos jardins, estacionamentos externos e áreas de lazer, dar preferência a lâmpadas de vapor de sódio à alta pressão;

Usar reatores eletrônicos com alto fator de potência.

Usar luminárias reflexivas de alta eficiência, com superfícies interiores desenhadas de forma a distribuir adequadamente a luz. Refletores de alumínio anodizado são os mais eficientes;

Controlar a iluminação externa por timer ou foto célula;

Rebaixar as luminárias quando o pé direito for muito alto, reduzindo conseqüentemente a potência total necessária para o mesmo iluminamento;

Utilizar iluminação de tarefa (localizada), reduzindo a iluminação geral do ambiente.

#### **Para ambientes existentes:**

Manter limpas lâmpadas e luminárias para permitir a reflexão máxima da luz;

Desligar luzes dos cômodos, quando não estiverem em uso;

Utilizar iluminação artificial somente aonde não haja iluminação natural suficiente.

Para mais informações consulte:

[www.procelinfo.com.br/selo\\_procel\\_edificacoes](http://www.procelinfo.com.br/selo_procel_edificacoes): INMETRO. **Regulamento**

**Técnico da Qualidade para o Nível de Eficiência Energética de Edificações Residenciais.** Rio de Janeiro, 2012.

[Voltar](#)

## Ventiladores de teto

Instalar ventiladores de teto com Selo Procel em 2/3 (dois terços) dos ambientes de permanência prolongada – dormitórios e salas - para residências localizadas em todas as regiões do país, exceto naquelas mais frias (zona bioclimática 1), representada pelas cidades de Curitiba, Caxias do Sul, Lages, São Joaquim e Campos do Jordão.

Para otimizar o funcionamento do ventilador de teto, instale-o entre 2,1m e 2,7m acima do piso e entre 0,25m e 0,30m abaixo do teto. As pás não devem se aproximar mais do que 0,20m do teto e 0,45m das paredes.

Saiba que ventiladores maiores podem mover mais ar do que os pequenos. Um ventilador de 0,90m a 1,10m de diâmetro pode atender a um ambiente de até 21m<sup>2</sup>.

Múltiplos ventiladores são indicados para ambientes com mais de 5,5m de comprimento. Pequenos e médios ventiladores serão mais eficazes em ambientes com diâmetro entre 1,2m e 1,8m.

Pás maiores produzem sensação de conforto a velocidades mais baixas do que ventiladores menores e, portanto, podem ser mais indicado em situações que a velocidade deve ser baixa para não mover objetos com papéis.

Para mais informações consulte:



[www.procelinfo.com.br/selo\\_procel\\_edificacoes](http://www.procelinfo.com.br/selo_procel_edificacoes): PEDRINI, A. **Eficiência Energética em Edificações e Equipamentos Eletromecânicos.** Eletrobras, Rio de Janeiro, 2011

[Voltar](#)

## **Isolamento das instalações de água quente**

As tubulações para água quente devem ser apropriadas para a função de condução a que se destinam e devem atender às normas técnicas de produtos aplicáveis. Os reservatórios de água quente instalados em sistemas que não sejam de aquecimento solar devem ter resistência térmica mínima de 2,20 (m<sup>2</sup>K)/W.

O isolamento térmico das tubulações metálicas para água quente devem ter espessura mínima de 1,0cm para tubulações de até 40mm de diâmetro nominal e 2,5cm para tubulações acima de 40mm. Nas tubulações não metálicas para água quente, a espessura mínima do isolamento deve ser de 1,0 cm, para qualquer diâmetro nominal de tubulação, com condutividade térmica entre 0,032 e 0,040 W/mK.

Para mais informações consulte:

[www.procelinfo.com.br/selo\\_procel\\_edificacoes](http://www.procelinfo.com.br/selo_procel_edificacoes): INMETRO. **Regulamento Técnico da Qualidade para o Nível de Eficiência Energética de Edificações Residenciais.** MDIC, 2012.

[Voltar Residencial](#)

[Voltar Comercial](#)

## **Sistema de aquecimento solar de água**

Os coletores solares devem ser instalados com orientação e ângulo de inclinação conforme especificações, manual de instalação e projeto. Deve-se considerar que a orientação ideal dos coletores é voltada para o Norte geográfico com desvio máximo de até 30° desta direção, quando no

hemisfério sul, e que a inclinação ideal dos coletores é a da latitude local acrescida de 10°.

Os coletores solares para aquecimento de água (aplicação: banho) devem possuir Selo Procel ou ENCE A e os reservatórios devem possuir Selo Procel.

Na instalação do sistema de aquecimento solar deve-se dar preferência a instaladores que fazem parte do Programa de qualificação de fornecedores de sistemas de aquecimento solar - QUALISOL BRASIL.

Os equipamentos do sistema de aquecimento solar devem ser dimensionados de acordo com o uso da edificação, devendo considerar uma fração solar mínima de 70%. Para tal é fundamental contratar um profissional da área.

Para mais informações consulte:

[www.procelinfo.com.br/selo\\_procel\\_edificacoes](http://www.procelinfo.com.br/selo_procel_edificacoes): INMETRO. **Regulamento Técnico da Qualidade para o Nível de Eficiência Energética de Edificações Residenciais**. MDIC, 2012.

[Voltar Residencial](#)

[Voltar Comercial](#)

## **Sistema de aquecimento a gás**

Os aquecedores a gás do tipo instantâneo e de acumulação devem possuir Selo Conpet ou ENCE A. Nos casos em que seja utilizado reservatório de água quente, este deve ter isolamento térmico e capacidade de armazenamento compatíveis com o dimensionamento do sistema elaborado de acordo com o uso da edificação.

Os aquecedores a gás e reservatórios térmicos devem atender aos requisitos das normas técnicas brasileiras aplicáveis. Na ausência destas, devem ser atendidas as normas internacionais aplicáveis.

Os aquecedores devem estar instalados em lugares protegidos permanentemente contra intempéries, com ventilação adequada para não interferir em sua eficiência e instalados conforme a NBR 13103. Na instalação do sistema de aquecimento a gás deve-se dar preferência a instaladores que fazem parte do Programa de Qualificação de Fornecedores de Instalações Internas de Gases Combustíveis e Aparelhos a Gás – QUALINSTAL GÁS.

Para mais informações consulte:

[www.procelinfo.com.br/selo\\_procel\\_edificacoes](http://www.procelinfo.com.br/selo_procel_edificacoes): INMETRO. **Regulamento Técnico da Qualidade para o Nível de Eficiência Energética de Edificações Residenciais**. MDIC, 2012.

[Voltar Residencial](#)

[Voltar Comercial](#)

## **Bombas de calor**

Sistemas de aquecimento de água utilizando bombas de calor deverão apresentar, no mínimo, coeficiente de performance (COP) = 3. Não devem ser utilizados gases refrigerantes comprovadamente nocivos ao meio ambiente (por exemplo, R22). Recomenda-se equipamentos que utilizem os gases R 134, R 407 ou similares.

Para mais informações consulte:

[www.procelinfo.com.br/selo\\_procel\\_edificacoes](http://www.procelinfo.com.br/selo_procel_edificacoes): INMETRO. **Regulamento Técnico da Qualidade para o Nível de Eficiência Energética de Edificações Residenciais**. MDIC, 2012.

[Voltar Residencial](#)

[Voltar Comercial](#)

**ANEXO III**

**DETALHAMENTOS DAS DICAS**

**DO SETOR COMERCIAL**

## **Consumo de energia no setor comercial e de serviço**

Nas edificações comerciais e de serviços, 47% do consumo é referente a sistemas de condicionamento de ar, 31% a equipamentos e 22% a iluminação (Eletrobras, 2007b).

Dados preliminares recentes (2014) de uma pesquisa em curso pelo CB3e (Centro Brasileiro de Eficiência Energética em Edificações) apontam para uma estimativa de economia de 20 a 34%, por meio da implementação de soluções de projeto e equipamentos eficientes na conversão de uma edificação comercial com classificação D para a classe A no sistema de etiquetagem do PBE Edifica.

Segundo o Plano Nacional de Eficiência Energética – PNEf, o potencial de redução de consumo estimado com a implementação de ações de Eficiência Energética em Prédios Públicos é da ordem de 20%, tendo como referência projetos implementados no período de 2002 a 2007, ou de 25% a 60% de economia de energia elétrica, conforme projetos elaborados pelas Empresas de Serviços de Conservação de Energia – ESCOs no âmbito do Programa de Eficiência Energética – PEE da Agência Nacional de Energia Elétrica – ANEEL. Desta forma, com intervenções, basicamente, nos sistemas de iluminação e condicionamento de ar, o potencial de economia de energia, considerado conservador, seria da ordem de 3,44 TWh/ano (Eletrobras, 2014).

Atualmente estão sendo desenvolvidos benchmarks de consumo, por tipologia e zona bioclimática, de modo a permitir uma comparação mais efetiva no que diz respeito à economia de energia.

É importante frisar que a economia se dá caso a caso, no que tange às Edificações, dado que as condições de contorno são um fator extremamente influente. Há diversas tecnologias, materiais e técnicas construtivas, que podem contribuir para este efeito e a Eletrobras tem diversas publicações que versam sobre esses assuntos disponíveis gratuitamente para download no site [www.procelinfo.com.br](http://www.procelinfo.com.br).

Há diversos desafios relacionados a este tema, que perpassam desde aspectos tecnológicos e técnicos, passando por questões de normalização,

financiamentos e incentivos específicos (criação de demanda) até credibilidade e quantificação de resultados. Entende-se que a questão da credibilidade e da quantificação de resultados é fundamental para garantir transparência e obter projetos e construções realmente eficientes.

Por esse motivo tem-se trabalhado prioritariamente no desenvolvimento de metodologias de certificação (embora também haja atividades em curso visando ao desenvolvimento de tecnologias, treinamento, disseminação de boas práticas, etc.), sejam de verificação de eficiência potencial – Etiquetagem de Edificações e Selo Procel Edificações (já disponíveis ao mercado); sejam de verificação de eficiência energética efetiva (em uso) – Certificação de Desempenho Energético Operacional (em desenvolvimento), fundamentais para a correta orientação do mercado respectivamente de consumidores e usuários de edificações (em ambos os casos, consumidores de água e energia).

No momento o foco reside em obter recursos para criar infraestrutura adequada a estes processos, fundamentalmente por meio de um sistema de gestão de processos de certificação e gerenciamento de informações, de modo a garantir tanto o aval ao consumidor, quanto o cômputo de resultados aos técnicos e gestores dos processos e a sua divulgação à sociedade em geral.

Para projetos de edificações novas ou grandes reformas, contrate profissionais especializados e busque um processo de avaliação de terceira parte, visando à obtenção do Selo Procel Edificações. Ele é a sua garantia de eficiência.

[Voltar](#)

### **Selo Procel Edificações**

O Selo Procel Edificações, estabelecido em novembro de 2014, é um instrumento de adesão voluntária que tem por objetivo principal identificar as edificações que apresentem as melhores classificações de eficiência energética em uma dada categoria, motivando o mercado consumidor a

adquirir e utilizar imóveis mais eficientes. Este é um setor de extrema importância no mercado de energia elétrica, representando cerca de 50% do consumo de eletricidade do País.

Para obter o Selo Procel Edificações, recomenda-se que a edificação seja concebida de forma eficiente desde a etapa de projeto, ocasião em que é possível obter melhores resultados com menores investimentos, podendo chegar a 50% de economia. A metodologia de avaliação da conformidade está descrita no Regulamento para Concessão do Selo Procel de Economia de Energia para Edificações, bem como nos Critérios Técnicos específicos e baseiam-se no Regulamento Técnico da Qualidade para o Nível de Eficiência Energética em Edifícios Comerciais, de Serviços e Públicos (RTQ-C) e no Regulamento Técnico da Qualidade para o Nível de Eficiência Energética em Edificações Residenciais (RTQ-R) do Programa Brasileiro de Edificações – PBE Edifica.

Nos edifícios comerciais, de serviços e públicos são avaliados três sistemas: envoltória, iluminação e condicionamento de ar. Nas Unidades Habitacionais são avaliados: a envoltória e o sistema de aquecimento de água.

O Selo Procel Edificações é outorgado tanto na etapa de projeto, válido até a finalização da obra, quanto na etapa da edificação construída.

Para mais informações consulte:

[www.procelinfo.com.br/selo\\_procel\\_edificacoes](http://www.procelinfo.com.br/selo_procel_edificacoes)

[Voltar](#)

## **Janelas**

Se o edifício não utilizar ar condicionado, como, por exemplo, algumas escolas. É importante que as aberturas sejam dimensionadas conforme o clima local. No Brasil, o clima é representado por 8 zonas bioclimáticas, de igual temperatura e umidade. A zona 1 é a mais fria e a 8 a mais quente.



A zona 1 inclui as cidades de Curitiba, Caxias do Sul, Lages, São Joaquim e Campos do Jordão. Nesses locais as aberturas para ventilação devem ter dimensões médias e devem ser sombreadas de forma a permitir a entrada de sol do inverno.

A zona 2 inclui as cidades de Laguna, Uruguaiana, Pelotas, Ponta Grossa e Piracicaba. Já a zona 3 inclui as cidades de Florianópolis, Camboriú, Chapecó, Porto Alegre, Rio Grande, Torres, São Paulo, Campinas, Pindamonhangaba, Sorocaba, Belo Horizonte, Foz do Iguaçu, Jacarezinho, Paranaguá e Petrópolis. Em ambas as zonas, as aberturas devem estar distribuídas nas diferentes fachadas da residência, de modo a garantir a ventilação cruzada no verão.

A zona 4 inclui as cidades de Brasília, Franca, Limeira, Ribeirão Preto e São Carlos. A zona 5 inclui as cidades de Niterói, São Francisco do Sul e Santos. Já a zona 6 inclui as cidades de Goiânia, Campo Grande e Presidente Prudente. Em todas elas as aberturas devem ser médias e sombreadas durante todo o ano.

A zona 7 inclui as cidades de Cuiabá e Teresina. Recomenda-se usar aberturas pequenas e sombreadas o ano todo, selecionando os momentos de abrir e fechar as janelas no verão.

A zona 8 inclui as cidades de Belém, Corumbá, Fernando de Noronha, Fortaleza, João Pessoa, Maceió, Manaus, Natal, Recife, Rio Branco, Rio de Janeiro, Santarém, Salvador, São Luiz e Vitória. Nela as aberturas devem ser grandes e totalmente sombreadas, privilegiando a ventilação cruzada permanente durante o ano todo.

Para mais informações consulte:

[www.procelinfo.com.br/selo\\_procel\\_edificacoes](http://www.procelinfo.com.br/selo_procel_edificacoes): INMETRO. Requisitos Técnicos da Qualidade para o Nível de Eficiência Energética de Edifícios Comerciais, de Serviços e Públicos. Rio de Janeiro, 2010.

[www.procelinfo.com.br/selo\\_procel\\_edificacoes](http://www.procelinfo.com.br/selo_procel_edificacoes): LAMBERTS, R.; DUTRA, L.; PEREIRA, R. Eficiência energética na arquitetura – 3ª edição. Eletrobras, Rio de Janeiro, 2014.

ABNT. NBR 15220-3/2003

[www.projeteee.ufsc.br](http://www.projeteee.ufsc.br)

[Voltar](#)

### **Paredes externas e cobertura**

A composição das paredes externas e coberturas, que denominamos como *envoltória*, tem influência direta no ganho de calor de um edifício. Se for corretamente construída, a envoltória pode proteger o ambiente interno dos climas severos – muito frios ou muito quentes – ou harmonizar os ambientes internos e externos, quando o clima for ameno. No Brasil, o clima é representado por 8 zonas bioclimáticas, de igual temperatura e umidade. A zona 1 é a mais fria e a 8 a mais quente.

As edificações situadas nas regiões mais frias do país - zonas 1 e 2 - deverão ser construídas, ou reformadas, com paredes externas e cobertura com resistência térmica muito elevada, de preferência com isolamento térmico. A transmitância térmica desses componentes não deverá ultrapassar  $1 \text{ W/m}^2\text{K}$ , sendo que para coberturas de ambientes climatizados o limite máximo é  $0,5 \text{ W/m}^2\text{K}$ . São exemplos de cidades nessa situação: Curitiba, Caxias do Sul, Lages, São Joaquim, Campos do Jordão, de Laguna, Uruguaiana, Pelotas, Ponta Grossa e Piracicaba.

Para as edificações situadas nas regiões temperadas do país - zonas 3, 4, 5 e 6 - quando construídas ou reformadas, deverão ser empregadas paredes externas e cobertura com alta resistência térmica. A transmitância térmica das paredes externas não deverá ultrapassar  $3,7 \text{ W/m}^2\text{K}$ , e das coberturas não deverá ser superior a  $2,0 \text{ W/m}^2\text{K}$ , sendo que para coberturas de ambientes climatizados o limite máximo é  $1,0 \text{ W/m}^2\text{K}$ . São exemplos de

idades nessa situação: Florianópolis, Camboriú, Chapecó, Porto Alegre, Rio Grande, Torres, São Paulo, Campinas, Pindamonhangaba, Sorocaba, Belo Horizonte, Foz do Iguaçu, Jacarezinho, Paranaguá e Petrópolis, Brasília, Franca, Limeira, Ribeirão Preto e São Carlos, Niterói, São Francisco do Sul, Santos, Goiânia, Campo Grande e Presidente Prudente.

Já as edificações situadas nas regiões mais quentes do país – zonas 7 e 8 – também deverão ser construídas, ou reformadas, com paredes externas e cobertura com alta resistência térmica. A transmitância térmica das paredes externas leves – com capacidade térmica até 80 kJ/m<sup>2</sup>K – não deverá ultrapassar 2,5 W/m<sup>2</sup>K e das paredes externas pesadas – com capacidade térmica acima de 80 kJ/m<sup>2</sup>K – não deverá ultrapassar 3,7 W/m<sup>2</sup>K. A transmitância térmica da cobertura não deverá ser superior a 2,0 W/m<sup>2</sup>K, sendo que para coberturas de ambientes climatizados o limite máximo é 1,0 W/m<sup>2</sup>K. São exemplos de cidades nessa situação: Cuiabá, Teresina, Belém, Corumbá, Fernando de Noronha, Fortaleza, João Pessoa, Maceió, Manaus, Natal, Recife, Rio Branco, Rio de Janeiro, Santarém, Salvador, São Luiz e Vitória.

Para mais informações consulte:

[www.procelinfo.com.br/selo\\_procel\\_edificacoes](http://www.procelinfo.com.br/selo_procel_edificacoes): INMETRO. Requisitos Técnicos da Qualidade para o Nível de Eficiência Energética de Edifícios Comerciais, de Serviços e Públicos. Rio de Janeiro, 2010.

### **Cores**

Em todas as edificações, exceto naquelas situadas nas cidades mais frias como Curitiba, Caxias do Sul, Lages, São Joaquim e Campos do Jordão (zona bioclimática 1), as cores das paredes externas e coberturas deverão ser claras, com baixa absorvância térmica (até 0,5). As coberturas também podem ser de telhas cerâmicas não esmaltadas e teto jardim estão isentas do cumprimento deste limite de absorvância térmica.

Para mais informações consulte:

[www.procelinfo.com.br/selo\\_procel\\_edificacoes](http://www.procelinfo.com.br/selo_procel_edificacoes): INMETRO. Requisitos Técnicos da Qualidade para o Nível de Eficiência Energética de Edifícios Comerciais, de Serviços e Públicos. Rio de Janeiro, 2010.

### **Vidros**

Quando houver emprego de abertura zenital para iluminação, em qualquer edificação, a área da abertura não deverá ultrapassar 5% da área total da cobertura e o fechamento transparente dessa abertura deverá ter fator solar de 0,3. Nas aberturas das paredes externas, deve-se incluir proteção externa contra a radiação solar, empregando dispositivos como *brise soleil*, marquises, toldos ou venezianas e os fechamentos transparentes, como vidros, deverão ter baixo fator solar.

Para mais informações consulte:

[www.procelinfo.com.br/selo\\_procel\\_edificacoes](http://www.procelinfo.com.br/selo_procel_edificacoes): INMETRO. Requisitos Técnicos da Qualidade para o Nível de Eficiência Energética de Edifícios Comerciais, de Serviços e Públicos. Rio de Janeiro, 2010.

### **Instalações Elétricas**

Recomenda-se, para edificações novas e ou retrofitadas (com reformas substanciais), que possuam circuito elétrico com possibilidade de medição centralizada por uso final: iluminação, sistema de condicionamento de ar, e outros; ou possuir instalado equipamento que possibilite tal medição.

Para mais informações consulte:

[www.procelinfo.com.br/selo\\_procel\\_edificacoes](http://www.procelinfo.com.br/selo_procel_edificacoes): INMETRO. Requisitos Técnicos da Qualidade para o Nível de Eficiência Energética de Edifícios Comerciais, de Serviços e Públicos. Rio de Janeiro, 2010.

[Voltar](#)

## **Iluminação**

São os sistemas de iluminação que apresentam, indubitavelmente, o maior número de medidas para conservação de energia de fácil aplicação.

A evolução das técnicas de projeto e instalação, acompanhada do surgimento de novos equipamentos, com destaque especial aos novos tipos de lâmpadas eficientes, reatores eletrônicos e luminárias de alta eficiência, oferece uma considerável gama de alternativas para o alcance da efficientização energética.

Em instalações já existentes, podem ser introduzidas alterações em seus sistemas de comando de modo a modular o uso da iluminação de acordo com as necessidades. Em novas construções, pode-se introduzir modernas técnicas de arquitetura e construção que reduzam os requerimentos energéticos para iluminação.

Os projetos de iluminação devem considerar os índices mínimos de iluminamento definidos na norma NBR 5413 da Associação Brasileira de Normas Técnicas – ABNT de modo a manter o conforto e segurança dos usuários.

### **Para ambientes novos ou reformados:**

Nos projetos luminotécnicos eficientes, deve-se sempre buscar:

- Boas condições de visibilidade;
- Boa reprodução de cores;
- Economia de energia elétrica;
- Facilidade e menores custos de manutenção;
- Preço inicial compatível;
- Utilizar iluminação local de reforço;
- Combinar iluminação natural com artificial.

São objetivos a serem alcançados em um projeto de iluminação:

- Definir o nível de iluminância no local, de acordo com a utilização do ambiente. Para isso existem normas técnicas brasileiras e internacionais que orientarão o projetista. O nível recomendado varia, também, com a duração do trabalho sob iluminação artificial, devendo ser mais elevado para as longas jornadas.
- Obter uma distribuição razoavelmente uniforme das iluminâncias nos planos iluminados.
- Evitar o ofuscamento das pessoas que utilizam o local. O ofuscamento é a impressão de mal-estar que o olho humano experimenta quando recebe fluxo luminoso de uma fonte de grande intensidade luminosa. Sua consequência imediata é a perturbação da capacidade visual do indivíduo, sendo capaz de dificultar e mesmo impedir a função visual perfeita.
- Obter uma correta reprodução das cores dos objetos e ambientes iluminados. A impressão da cor de um objeto depende da composição espectral da luz que o ilumina, de suas refletâncias espectrais e do sentido da visão humana. Portanto a cor não é exatamente uma propriedade fixa e permanente em um objeto, mas o que se enxerga como cor é o fluxo luminoso refletido pelo mesmo.
- Escolher com critério os aparelhos de iluminação e o tipo de lâmpada a ser empregada para que se verifiquem as condições anteriores de uma forma econômica, e que essas condições não se degradem sensivelmente com o tempo.
- Lembrar que a iluminação é parte de um projeto global, devendo se harmonizar com o mesmo. Ela define, em muitos casos, as características de um ambiente. Em resumo, ao se projetar a iluminação de um ambiente, não se deve levar em conta unicamente os aspectos quantitativos, mas também os qualitativos, de modo a criar uma iluminação que responda a todos os requisitos que o usuário exige do espaço iluminado.

Cada ambiente fechado por paredes ou divisórias até o teto deve possuir pelo menos um dispositivo de controle manual para o acionamento independente da iluminação interna do ambiente. Cada controle manual

deve ser facilmente acessível e localizado de tal forma que seja possível ver todo o sistema de iluminação que está sendo controlado. Caso não seja possível visualizar todo o ambiente iluminado, é necessário informar ao usuário, através de uma representação gráfica da sala, qual a área abrangida pelo controle manual.

Por questões de segurança, ambientes de uso público poderão ter o controle manual em local de acesso a funcionários.

Para ambientes maiores do que 250 m<sup>2</sup>, cada dispositivo de controle instalado deve controlar:

- uma área de até 250 m<sup>2</sup> para ambientes até 1000 m<sup>2</sup>;
- uma área de até 1000 m<sup>2</sup> para ambientes maiores do que 1000 m<sup>2</sup>.

Ambientes com abertura(s) voltada(s) para o ambiente externo ou para átrio não coberto ou de cobertura translúcida e que contenham mais de uma fileira de luminárias paralelas à(s) abertura(s) devem possuir um controle instalado, manual ou automático, para o acionamento independente da fileira de luminárias mais próxima à abertura, de forma a propiciar o aproveitamento da luz natural disponível. Unidades de edifícios de meios de hospedagem são exceção a este pré-requisito.

O sistema de iluminação interna de ambientes maiores que 250 m<sup>2</sup> deverá possuir um dispositivo de controle automático para desligamento da iluminação. Este dispositivo de controle automático deve funcionar de acordo com uma das seguintes opções:

- um sistema automático com desligamento da iluminação em um horário pré-determinado. Deverá existir uma programação independente para um limite de área de até 2500 m<sup>2</sup>; ou
- um sensor de presença que desligue a iluminação 30 minutos após a saída de todos ocupantes; ou
- um sinal de um outro controle ou sistema de alarme que indique que a área está desocupada.

Dar preferência ou substituir lâmpadas incandescentes por fluorescentes compactas ou LEDs e fluorescentes normais por modelos mais eficientes com reator eletrônico ou LEDs. Nos jardins, estacionamentos externos e áreas de lazer, dar preferência a lâmpadas de vapor de sódio à alta pressão;

Usar reatores eletrônicos com alto fator de potência.

Usar luminárias reflexivas de alta eficiência, com superfícies interiores desenhadas de forma a distribuir adequadamente a luz. Refletores de alumínio anodizado são os mais eficientes;

Controlar a iluminação externa por timer ou foto célula;

Rebaixar as luminárias quando o pé direito for muito alto, reduzindo conseqüentemente a potência total necessária para o mesmo iluminamento;

Utilizar iluminação de tarefa (localizada), reduzindo a iluminação geral do ambiente.

#### **Para ambientes existentes:**

- Manter limpas lâmpadas e luminárias para permitir a reflexão máxima da luz;
- Desligar luzes de dependências, quando não estiverem em uso, tais como: salas de reunião, lavabos, iluminação ornamental interna e externa, etc.;
- Ligar sistema de iluminação somente aonde não haja iluminação natural suficiente. O sistema de iluminação só deve ser ligado momentos antes do início do expediente;
- Nos espaços exteriores reduzir, quando possível e sem prejuízo da segurança, a iluminação em áreas de circulação, pátios de estacionamentos e garagens.
- Usar preferencialmente luminárias abertas, retirando, quando possível, o protetor de acrílico, o que possibilita a redução de até 50% do número de lâmpadas sem perda da qualidade do iluminamento.

Para mais informações consulte:



[www.procelinfo.com.br/selo\\_procel\\_edificacoes](http://www.procelinfo.com.br/selo_procel_edificacoes): INMETRO. Requisitos Técnicos da Qualidade para o Nível de Eficiência Energética de Edifícios Comerciais, de Serviços e Públicos. Rio de Janeiro, 2010.

[www.procelinfo.com.br](http://www.procelinfo.com.br): ELETROBRAS PROCEL. Orientações gerais para a Conservação de Energia em Prédios Públicos e Manual de Prédios Eficientes em Energia Elétrica. Rio de Janeiro, 2001.

[Voltar](#)

### **Elevadores**

Em novas edificações, os elevadores devem possuir acionamento micro processado com inversor de frequência e frenagem regenerativa ou máquinas sem engrenagem (*gearless*) dependendo do uso da edificação. Em reformas, deve-se adotar acionamento com inversor de frequência.

[Voltar](#)

### **Bombeamento de Água**

As bombas de sucção e recalque de água são um dispositivo mecânico, acionado por motor elétrico, destinado a captar água de um reservatório inferior e elevá-la até o reservatório superior, em um intervalo de tempo que não prejudique o consumo diário.

Nos sistemas de bombeamento de água é fundamental observar, antes de tudo, o desperdício da própria água. Vazamentos, torneiras com problemas e válvulas de descarga com volume excessivo de passagem de água, além de aumentar as despesas, trazem maior gasto de energia no bombeamento da água.

Um segundo passo refere-se ao correto dimensionamento do sistema motor-bomba, atentando para as reais necessidades de vazão e altura manométrica (coluna d'água) a ser vencida.

A potência do motor de acionamento da bomba depende do intervalo de tempo em que se pretende encher a caixa d'água superior e do traçado de

tubulação, que, quanto mais sinuosa e cheia de conexões, solicitará equipamento de maior potência.

A eficiência da energia elétrica no motor de acionamento da bomba dependerá da:

- Eliminação total dos vazamentos na tubulação e pontos de consumo de água, que acarretam perda de água na caixa superior e conseqüente aumento na quantidade de vezes que a bomba é acionada;
- Redução das perdas de carga localizadas, que ocorrem nas tubulações sinuosas e cheias de conexões;
- Ventilação no local onde estiver instalado o equipamento. Devem ser evitadas a instalação da moto-bomba em ambientes confinados e a colocação da saída de calor do motor próxima da parede.

O que pode ser feito no sistema de bombeamento - medidas sem custo:

- Verificar a existência de vazamentos em registros, torneiras, mangueiras e válvulas de descarga;
- Evitar o desperdício de água;
- Evitar o excesso de curvas na tubulação, pois elas aumentam as perdas.

Medidas que requerem investimento:

- Dimensionar corretamente o sistema, evitando gastos maiores na aquisição e operação;
- Dar preferência à compra de equipamentos com maior rendimento;
- Em sistema de bombeamento onde seja necessária a existência de variação da vazão e/ ou da pressão ao longo do tempo, verificar a possibilidade do uso de inversores de frequência em substituição às válvulas de estrangulamento.

[Voltar](#)

## Ar condicionado

Os sistemas de climatização a serem especificados, projetados ou retrofitados com vistas à etiquetagem do PBE e ao Selo Procel Edificações devem seguir as instruções técnicas contidas no RTQ-C. Contudo, para medidas de uso racional dos sistemas de climatização, pode-se consultar e adotar as medidas do Manual de sistemas de Ar Condicionado.

Os sistemas de condicionamento de ar estão presentes tanto em instalações industriais quanto em instalações prediais, porém com objetivos distintos. Nas instalações industriais, os sistemas de condicionamento de ar são empregados no controle de variáveis de processos como temperatura, umidade e pureza do ar, ao passo que, em edificações, o conforto ambiental é o objetivo precípuo dos sistemas de ar condicionado.

As edificações comerciais e públicas podem ter sistemas de ar condicionado de mais variados portes, desde os aparelhos de janela e do tipo split até sistemas mais complexos. Os sistemas de ar condicionado podem ser classificados em dois tipos básicos: sistemas de expansão direta e sistemas de expansão indireta.

Nos sistemas de expansão direta, o ar é resfriado diretamente pelo fluido refrigerante. Após passar por um dispositivo de expansão (tubo capilar ou válvula de estrangulamento), o fluido refrigerante a baixa temperatura é conduzido ao evaporador, onde passa por uma serpentina contra a qual o ar ambiente a uma temperatura maior é soprado e troca calor com o fluido refrigerante. Este é o caso dos aparelhos de janela, dos *splits* e dos *self contained*.

Nos sistemas de expansão indireta, o ar é resfriado por um fluido intermediário geralmente água gelada produzida num *chiller*. Sistemas deste tipo são bem maiores e mais complexos, pois são constituídos por dois circuitos hidráulicos: um circuito por onde escoam o fluido refrigerante e outro, água gelada. Neste tipo de equipamento (*chiller*), a unidade condensadora pode ser resfriada a ar ou a água.

A seguir, são apresentadas dicas que visam o uso eficiente de energia em sistemas de condicionamento de ar com expansão indireta em fase de projeto ou em operação.

### **Calculo de carga térmica**

As cargas térmicas de projeto do sistema de climatização devem ser calculadas de acordo com normas e manuais de engenharia reconhecidos pelos profissionais da área, como por exemplo, a última versão do ASHRAE *Handbook of Fundamentals* e a norma NBR 16401.

### **Controle de temperatura por zona**

O resfriamento de ar de cada zona térmica deve ser individualmente controlado por termostatos em função da temperatura do ar na referida zona.

### **Faixa de temperatura de controle**

Recomenda-se utilizar termostatos de controle capazes de manter uma faixa de temperatura do ar de pelo menos 2°C (*deadband*), no qual o suprimento da energia para resfriamento seja desligado ou reduzido para o mínimo.

### **Sistema de desligamento automático**

Todo o sistema de condicionamento de ar deve ser equipado com pelo menos um dos tipos abaixo:

- controles que podem acionar e desativar o sistema sob diferentes condições de rotina de operação, para sete tipos de dias diferentes por semana; capazes de reter a programação e ajustes durante a falta de energia por pelo menos 10 horas, incluindo um controle manual que permita a operação temporária do sistema por até duas horas;

- um sensor de ocupação que seja capaz de desligar o sistema quando nenhum ocupante é detectado por um período de até 30 minutos;
- um temporizador de acionamento manual capaz de ser ajustado para operar o sistema por até duas horas;
- integração com o sistema de segurança e alarmes da edificação que desligue o sistema de condicionamento de ar quando o sistema de segurança é ativado.

### **Isolamento de zonas**

Sistemas de condicionamento de ar servindo diferentes zonas térmicas destinadas a operação ou ocupação não simultânea devem ser divididos em áreas isoladas. As zonas devem ser agrupadas em áreas isoladas que não ultrapassem 2.300 m<sup>2</sup> de área condicionada e não incluindo mais do que um pavimento. Cada área isolada deve ser equipada com dispositivos de isolamento capazes de desativar automaticamente o suprimento de ar condicionado e ar externo, além do sistema de exaustão. Cada área isolada deve ser controlada independentemente por um dispositivo que atenda aos requisitos do item Sistema de desligamento automático. Para sistemas de condicionamento central, os controles e dispositivos devem permitir a operação estável do sistema e equipamentos para qualquer período de tempo enquanto atendem a menor área isolada servida pelo sistema central.

### **Controles de sistemas de ventilação para áreas com altas taxas de ocupação**

Sistemas com taxa de insuflamento de ar externo nominal superior a 1.400 l/s, servindo áreas com densidade de ocupação superior a 100 pessoas por 100 m<sup>2</sup>, devem incluir meios de reduzir automaticamente a tomada de ar externo abaixo dos níveis de projeto quando os espaços estão parcialmente ocupados.

### **Controle de velocidade do ventilador**

Cada ventilador acionado por um motor de potência igual ou superior a 5,6 kW deve ter a capacidade de operar a dois terços ou menos da sua velocidade máxima (em carga parcial) e deve possuir controles que mudem automaticamente a velocidade do ventilador para controlar a temperatura de saída do fluido ou temperatura/pressão de condensação do dispositivo de rejeição de calor.

### **Proteção de vidros – cortinas, filmes, brise soleil, telas**

O uso de vidros especiais, películas especiais aplicadas sobre os vidros comuns, cortinas internas com cores claras e o uso de *brise soleil*, reduzem, consideravelmente, a radiação solar direta sobre os recintos condicionados, reduzindo, conseqüentemente, o impacto sobre os sistema de A/C.

### **Ajustes de registros (dampers) de tomada de ar exterior**

Cargas excessivas de ar exterior levam a consumos acima do normal, já que é gasta uma quantidade extra de energia para resfriar aquela quantidade de ar. No Módulo I (desta mesma publicação), vimos como avaliar as quantidades de ar requerido por critério de Ventilação. O que excede o especificado É EXCESSO e deve ser ajustado.

### **Desligamento de luzes**

A iluminação tem dois impactos na conta de luz:

- O consumo de luz propriamente dito; e,
- A carga térmica (a energia dissipada) sobre o equipamento de remoção de calor, seja um "self", "split" ou "chiller". Neste segundo caso, observa-se que luzes acesas desnecessariamente ou iluminação superdimensionada (não eficientizada), acarretarão um excesso de carga sobre os equipamentos de A/C.

### **Vazamento em dutos**

A utilização de mão de obra inadequada na fabricação de dutos de sistemas de ar condicionado, com juntas e acabamentos de baixa qualidade, ou a existência de aberturas indesejáveis em dutos, conduzirá a perda de quantidades expressivas de ar tratado (resfriado e desumidificado), obrigando os equipamentos a funcionarem em sobrecarga. O resultado direto é que uma quantidade extra de energia elétrica será despendida, na proporção da vazão de ar perdido. A estimativa destas perdas é difícil, podendo ser, às vezes, levantada (aproximadamente), pela diferença entre o ar insuflado e o ar retornado (a menos do ar infiltrado). Recomenda-se, portanto, a utilização de "duteiros" experientes, seja na execução de obras novas ou de reformas.

### **Limpeza de filtros**

Filtros obstruídos acarretam aumento no consumo de energia elétrica, já que o motor do ventilador é obrigado a trabalhar contra um acréscimo de pressão.

Recomenda-se que a perda de pressão nos filtros seja controlada por manômetros, tipo coluna d'água, procedendo-se à limpeza ou troca dos filtros (descartáveis), quando atingida a perda máxima recomendada pelo fabricante. Esta perda, em geral, é expressa em mm CA (milímetros de coluna d'água), polegada de CA, Pa (Pascal) ou outras unidades de pressão.

### **Redução de infiltração de ar externo**

A infiltração de ar externo traz uma carga térmica indesejável para o sistema, onerando a conta de luz do usuário. As fontes podem ser janelas (esquadrias) mal ajustadas, portas abertas continuamente ou não (comunicando com a rua ou ambientes não condicionados). Quanto às janelas, estas devem ser mantidas fechadas e ter seus ajustes às esquadrias verificados. Portas que dão acesso a ambientes não condicionados (garagens internas, por exemplo), devem ser mantidas

fechadas, por molas ou outros sistemas. Portas com acesso à rua devem possuir sistema de fechamento automático (mola ou eletrônico) ou, quando isto não for possível, o uso de cortinas de ar pode ser vantajoso.

### **Isolamento térmico em dutos de ar**

Dutos mal isolados, passando sobre áreas não condicionadas, acarretam perdas consideráveis, onerando a carga térmica do sistema e, por conseguinte, aumentando a conta de energia. Aprendemos, também, como calcular estas perdas. Em geral, os custos para isolar dutos são bem inferiores às perdas ocasionadas pela ausência do isolamento. Para condições de conforto em ar condicionado, mantas ou placas de 25 mm de espessura de isolamento à base de lã de vidro (Dutover ou similar), isopor incombustível ou outros materiais são suficientes.

### **Ajustes de acionamentos**

Frequentemente, encontram-se motores de ventiladores com suas correias "patinando". Este deslizamento produz uma perda de energia considerável. Recomenda-se nestes casos seu ajuste (tensionamento). Outra alternativa é a troca de correias tipo "V" por correias "síncronas" (dentadas). Correias tipo "V" possuem eficiência típica de 90 a 95%, enquanto as dentadas oferecem eficiências na faixa de 97 a 99%. A diferença na eficiência (e preço), retorna na forma de economia de energia.

### **Ajustes de termostatos**

Os termostatos são equipamentos destinados a controlar temperaturas, sejam dos ambientes, da água gelada do "chiller", etc. Se a temperatura ajustada for diferente da requerida por projeto, poderemos estar gastando mais energia que o requerido.



### **Ajustes de vazão de ar**

Frequentemente, após um longo tempo de operação de uma instalação, ela se encontra funcionando fora de seus parâmetros de projeto. Uma avaliação da carga térmica, em função da redução de pessoal, modificações da finalidade do uso de ambientes (que funcionavam com altas cargas e agora foram reduzidas), traz surpresas, podendo em alguns casos permitir um rebalanceamento das vazões, com redução no consumo de energia de FACs, "chillers" e bombeamento. As reduções alcançáveis somente podem ser avaliadas caso a caso e após um levantamento criterioso.

### **Manutenção programada**

A elaboração de Programas de Manutenção, baseado em um Manual, em que são previstos todos os serviços em cada equipamento, frequências, "set points", contribui não só para reduzir o consumo (filtros sujos, serpentinas obstruídas, correias frouxas , etc.) , como para reduzir ou impedir paradas não desejadas de equipamentos. Estes manuais devem compreender, pelo menos:

- Plantas e fluxogramas dos sistemas;
- Desenhos dos principais equipamentos;
- Desenhos de Elétrica;
- Lista de componentes reserva, com suas especificações;
- "Set points" para controles ("chillers", de ambiente, etc);
- Frequências de ajustes ou trocas de componentes.

### **Recalibrar controles**

Controles descalibrados (termostatos, umidostatos), além de complicarem a tarefa do pessoal de Manutenção (as temperaturas, umidades, ajustadas nos instrumentos não coincidem com as efetivamente medidas), tendem a produzir aumento no consumo (resfriamento ou umidade abaixo do "set point" desnecessário). "Chillers", com desajustes de subresfriamento ou

superaquecimento, são bons exemplos de efeito nocivo sobre o consumo energético.

### **Instalar barreiras ou isolar equipamentos**

Equipamentos que são geradores de grande dissipação térmica mas que não necessitam de trabalhar em temperaturas controladas (baixas), devem ser removidos do ambiente condicionado, providenciando ventilação adequada para o mesmo. Equipamentos de copas (geladeiras, fornos), transformadores, motores, em equipamentos condicionados, são exemplos típicos. Com as dissipações calculadas, será fácil avaliar o consumo em kWh (e R\$) despendido no equipamento de condicionamento.

### **Controle do ar exterior (ventilação) pelo uso de sensores de CO2**

A concentração de CO2 é um bom indicador da população de uma área. Quanto maior o número de pessoas respirando, maior será a concentração de CO2. Controlando a taxa de ar exterior baseado num "set point" de concentração de CO2 (expresso em p.p.m.), estaremos suprindo o ar de renovação baseado na "demanda", e com isso reduzindo a carga térmica do sistema. A atuação do detetor é feita sobre os "dampers" de ar exterior. Em prédios com diversas áreas e condicionadores (casas de máquinas), a localização do sensor deverá dar um indicativo da área exata onde a demanda se faz maior ou menor. Outro fator que não deve ser esquecido é que além do CO2, existem outros contaminantes internos aos prédios, os quais poderão exigir maiores taxas de ventilação (fumos, gases e vapores emanados de materiais de limpeza, detergentes, tintas, etc.). Desta forma, o uso deste sistema de controle deverá ser feito de forma bastante criteriosa.

### **Isolamento térmico em coberturas**

Uma carga térmica significativa sobre um prédio é aquela proveniente do calor introduzido através de seu telhado. A maneira mais efetiva de reduzir

estes ganhos é pela introdução de materiais isolantes térmicos com alta resistência térmica (baixo "U"). Em prédios novos ou em reforma, adicionar placas (tipicamente com 50 mm de espessura) de isopor incombustível, adicionar vermiculita à argamassa da laje são boas práticas. Onde existir um entreferro, outras opções podem ser adotadas, tais como, aplicação de mantas de fibra de vidro ou jato de espumas a base de uretano ou fibra de vidro, sobre a laje.

### **Uso de motores eficientes**

O Sistema de A/C utiliza uma quantidade de motores apreciáveis: bombas, torres de resfriamento, unidades ventiladoras ("fan coils"), etc. Dependendo da potência (e idade), os rendimentos típicos dos motores podem variar na faixa de 75 a 95 %, sendo os 5 a 25 % restantes perdidos internamente no motor. Motores mais eficientes são projetados para converter uma quantidade de energia elétrica maior em trabalho. Instalando motores bem dimensionados e mais eficientes, dando preferência àqueles que tenha etiqueta A e Selo Procel, estaremos consumindo menos energia.

Em ocasiões de troca de motores, principalmente aqueles de grandes potências e que operam continuamente, deve-se considerar a possibilidade de adquirir motores de Alto Rendimento.

### **Uso de variador eletrônico de velocidade**

Os variadores eletrônicos de velocidade são dispositivos eletrônicos que atuam sobre a frequência da corrente dos motores, variando sua rotação. Ventiladores, bombas e outras máquinas rotativas nem sempre operam a plena carga, ou seja, sua vazão pode variar ao longo do tempo de operação. Normalmente, a vazão é alterada mediante o uso de válvulas de controle ou *dampers* que introduzem perdas consideráveis de energia. Dado que a vazão é diretamente proporcional à rotação do equipamento e a potência ao cubo da rotação, o uso do variador eletrônico de velocidade possibilita o ajuste da vazão alterando a rotação, sem introduzir perdas

energéticas, além de reduzir a potência requerida pelo equipamento e, por conseguinte, o consumo energético.

### **Limpeza de superfície de serpentinas**

Serpentinas com seus tubos (parte interna) e aletas obstruídas, com seus tubos sujos e amassados, acarretam perdas de "bombeamento", já que ventiladores ou bombas terão que trabalhar mais para manter a mesma vazão de projeto. Como no caso de filtros sujos, a perda de energia será proporcional às perdas de carga adicionais (sujo - limpo).

### **Carga de refrigerante no sistema**

Para uma operação adequada e mais eficiente, é necessário verificar periodicamente a carga do líquido refrigerante que circula no sistema. O excesso ou a falta de refrigerante provoca o mau funcionamento do sistema.

### **Torres de resfriamento**

Devem ser medidas as temperaturas de entrada e de saída da água na torre bem como a temperatura de bulbo úmido do ar (TBU), com o objetivo de avaliar se o equipamento está operando adequadamente. Outra grandeza importante a ser medida é a vazão de água que circula pelo circuito da torre. Medindo as vazões de entrada e saída de água na torre, é possível quantificar o volume de água perdido por evaporação e desperdício.

### **Sistemas de condicionamento de ar do tipo expansão indireta com condensação a ar**

#### **Proteção das unidades condensadoras**

As unidades condensadoras de sistemas condicionadores de ar devem estar sombreadas permanentemente e com ventilação adequada para não interferir em sua eficiência.

## **Controles e dimensionamento do sistema de ventilação**

Sistemas de condicionamento de ar com potência total de ventilação superior a 4,4 kW devem atender aos limites de potencia dos ventiladores abaixo:

- a razão entre a potencia do sistema de ventilação e a vazão de insuflamento de ar para cada sistema de condicionamento de ar nas condições de projeto não deve exceder a potencia máxima aceitável.;
- quando o sistema de insuflamento de ar requerer tratamento de ar ou sistemas de filtragem com perda de pressão superior a 250 Pa com os filtros limpos, ou serpentinas ou dispositivos de recuperação de calor, ou umidificadores/resfriadores de evaporativos diretos, ou outros dispositivos que atuem no processo diretamente sobre o fluxo de ar, a potência aceitável para o sistema de ventilação pode ser ajustada usando os créditos de pressão.;
- se a diferença entre a temperatura de projeto da sala e a temperatura de insuflamento de ar nas condições de projeto para resfriamento, usada para calcular a vazão de insuflamento de ar de projeto, for maior do que 11,1 °C, a potência aceitável do ventilador pode ser ajustada usando-se a razão de temperatura.

## **Sistemas de condicionamento de ar do tipo expansão indireta com condensação a água**

### **Isolamento térmico de tubos**

As tubulações devem estar devidamente isoladas, evitando perdas energéticas e danos provocados por condensação (tubo pingando) sobre equipamentos, mobiliário, etc.

### **Desligamento de bombas de circulação (BAG e BAC) e torres de resfriamento**

Equipamentos que operem de forma desnecessária deverão ser desligados. Tipicamente, quando em baixa carga térmica (inverno ou à noite), as

bombas de água gelada (BAG) ou de água de condensação (CAC) e respectivas Torres, podem ser desligadas. Isto pode ser feito manualmente, mas preferencialmente por sistema de controle capaz de sentir a carga reduzida. É conveniente lembrar que o consumo de bombas e torres na instalação é expressivo. Para um cálculo expedito, pode-se usar a potência de placa dos motores e o tempo que poderão permanecer desligadas.

### **Limpeza de superfície de trocadores de calor**

Serpentinas com seus tubos (parte interna) e aletas sujas ou trocadores do tipo casco e tubo com seus tubos sujos acarretam perdas energéticas no bombeamento, já que ventiladores ou bombas terão que trabalhar mais para fornecer a mesma vazão. Como no caso de filtros sujos, a perda de energia será proporcional às perdas de carga adicionais (sujo - limpo).

### **Reduzir perdas em circuitos de água (fase de projeto ou "retrofit")**

Filtros com crivos de "mesh" (furação) maior; tubulação com traçado mais suave (menor quantidade de curvas), trocando cotovelos de 90° de raio curto por raio longo; diâmetros para velocidades adequadas; uso de válvulas adequadas (globo para regulagem de vazão e gaveta para bloqueio). Por isso, o traçado de uma tubulação deve ser produto de um estudo criterioso, não devendo ser feito por pessoa inexperiente. É bom lembrar que as perdas de energia são diretamente proporcionais às perdas de carga nas tubulações, isto é, se acrescemos as perdas de carga na tubulação em 20%, desnecessariamente, as perdas no consumo serão também aumentadas em 20%.

### **Trocas de centrais de água gelada (CAG)**

O momento da troca dos resfriadores ("chillers") deve ser motivo de estudos detalhados. Em geral, equipamentos com mais de 20 anos, merecem ser considerados, uma vez que já apresentam grau de obsolescência razoável e, em geral, um nível de desgaste apreciável

(controles, compressores, tubos de trocadores, etc). Necessariamente, não se deve fazer a troca por um de mesma capacidade. Em geral, os “chillers” encontram-se superdimensionados.

Recomenda-se fazer um estudo minucioso, visando verificar as possibilidades de redução de carga térmica.

Depois de recalculada a carga térmica da instalação, com todas as reduções possíveis, é provável que, inicialmente, se obtenha uma redução no tamanho da nova máquina. Deve-se, então, levantar informações dos custos operacionais dos equipamentos existentes, isto é, seu histórico de manutenção (custos anuais com trocas de componentes), prever trocas futuras previsíveis (compressores, condensadores, etc.) e medir sua “performance” (kW/TR).

Em seguida, mediante consulta aos fabricantes e de posse de uma Especificação Técnica obtém-se dados técnicos (performance) e custos de novos equipamentos. Então, teremos em mãos os elementos necessários para fazer uma análise técnico-econômica criteriosa, para balizar a virtual substituição.

O “retrofit” pode envolver a troca de rotores, gaxetas ou mesmo do compressor. Cabe lembrar, que um estudo de redução de cargas térmicas seria aconselhável, também neste caso, já que uma redução de capacidade do equipamento (“retrofit”) poderá ocorrer. Desta forma, poderíamos garantir que, ao final de reduções de cargas da instalação e do “retrofit”, o equipamento continuaria a atender plenamente.

### **Controles de reajuste da temperatura de água gelada**

Sistemas de água gelada com uma capacidade de projeto excedendo 88 kW e suprindo água gelada para sistemas de condicionamento ambiental devem incluir controles que reajustem automaticamente a temperatura de suprimento da água pelas cargas representativas da edificação (incluindo a temperatura de retorno da água) ou pela temperatura do ar externo.

[Voltar](#)

**Referências Bibliográficas:**

[www.procelinfo.com.br/selo\\_procel\\_edificacoes](http://www.procelinfo.com.br/selo_procel_edificacoes): INMETRO. **Regulamento Técnico da Qualidade para o Nível de Eficiência Energética de Edificações Residenciais**. Rio de Janeiro, 2012.

[www.procelinfo.com.br](http://www.procelinfo.com.br): ELETROBRAS PROCEL. **Orientações gerais para a Conservação de Energia em Prédios Públicos**. Rio de Janeiro, 2001.

[www.procelinfo.com.br](http://www.procelinfo.com.br): **Manual de Prédios Eficientes em Energia Elétrica**. Rio de Janeiro, 2002.

[www.procelinfo.com.br](http://www.procelinfo.com.br): ELETROBRAS PROCEL. **Manual de Sistemas de Ar Condicionado**. Rio de Janeiro, 2011.