

# PROCEL INDÚSTRIA

EDIÇÃO S E R I A D A

# 5

## VENTILADORES E EXAUSTORES

GUIA BÁSICO

2009



# **VENTILADORES E EXAUSTORES**

## **GUIA BÁSICO**

© 2008. CNI – Confederação Nacional da Indústria

IEL – Núcleo Central

ELETROBRÁS – Centrais Elétricas Brasileiras S.A.

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

#### **ELETROBRÁS**

##### **Centrais Elétricas Brasileiras S.A.**

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

20071-003 Rio de Janeiro RJ

Caixa Postal 1639

Tel 21 2514-5151

www.eletronbras.com

eletronbr@eletronbras.com

#### **INSTITUTO EUVALDO LODI**

##### **IEL/Núcleo Central**

Setor Bancário Norte, Quadra 1, Bloco B

Edifício CNC

70041-902 Brasília DF

Tel 61 3317-9080

Fax 61 3317-9360

www.iel.org.br

#### **PROCEL – Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica**

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

Centro, 20090-004 Rio de Janeiro RJ

www.eletronbras.com/procel

procel@eletronbras.com

Ligação Gratuita 0800 560 506

#### **CNI**

##### **Confederação Nacional da Indústria**

Setor Bancário Norte, Quadra 1, Bloco C

Edifício Roberto Simonsen

70040-903 Brasília DF

Tel 61 3317- 9001

Fax 61 3317- 9994

www.cni.org.br

Serviço de Atendimento ao Cliente – SAC

Tels 61 3317-9989 / 61 3317-9992

sac@cni.org.br

#### **PROCEL INDÚSTRIA – Eficiência Energética Industrial**

Av. Rio Branco, 53, 15º andar, Centro

20090-004 Rio de Janeiro RJ

Fax 21 2514-5767

www.eletronbras.com/procel

procel@eletronbras.com

Ligação Gratuita 0800 560 506

V465

Ventiladores e exaustores: guia básico / Eletrobrás [et al.] – Brasília : IEL/NC, 2008.

80 p. : il.

ISBN 978-85-87257-28-4

1. Ventiladores 2. Sistemas de ventilação I. Eletrobrás II. CNI – Confederação Nacional da Indústria  
III. IEL – Núcleo Central IV. Título.

CDU: 621.61

## ELETROBRÁS / PROCEL

### Presidência

José Antônio Muniz Lopes

### Diretoria de Tecnologia

Ubirajara Rocha Meira

### Departamento de Projetos de Eficiência Energética

Fernando Pinto Dias Perrone

### Divisão de Eficiência Energética na Indústria e Comércio

Marco Aurélio Ribeiro Gonçalves Moreira

## CONFEDERAÇÃO NACIONAL DA INDÚSTRIA – CNI

### Presidente

Armando de Queiroz Monteiro Neto

## INSTITUTO EUVALDO LODI – IEL / NÚCLEO CENTRAL

### Presidente do Conselho Superior

Armando de Queiroz Monteiro Neto

### Diretor-Geral

Paulo Afonso Ferreira

### Superintendente

Carlos Roberto Rocha Cavalcante

## Equipe Técnica

---

### ELETROBRÁS / PROCEL

#### Equipe PROCEL INDÚSTRIA

Alvaro Braga Alves Pinto

Bráulio Romano Motta

Carlos Aparecido Ferreira

Carlos Henrique Moya

Humberto Luiz de Oliveira

Lucas Vivaqua Dias

Marília Ribeiro Spera

Roberto Piffer

Roberto Ricardo de Araujo Goes

#### Colaboradores

George Alves Soares

Vanda Alves dos Santos

### CONFEDERAÇÃO NACIONAL DA INDÚSTRIA – CNI

#### DIRETORIA EXECUTIVA – DIREX

#### Diretor

José Augusto Coelho Fernandes

#### Diretor de Operações

Rafael Esmeraldo Lucchessi Ramacciotti

#### Diretor de Relações Institucionais

Marco Antonio Reis Guarita

#### Unidade de Competitividade Industrial – COMPI

##### Gerente-Executivo

Maurício Otávio Mendonça Jorge

##### Gerente de Infra-Estrutura

Wagner Ferreira Cardoso

##### Coordenação Técnica

Rodrigo Sarmiento Garcia

### SUPERINTENDÊNCIA DE SERVIÇOS COMPARTILHADOS – SSC

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

##### Normalização

Gabriela Leitão

### INSTITUTO EUVALDO LODI – IEL / NÚCLEO CENTRAL

#### Gerente-Executivo de Operações

Júlio Cezar de Andrade Miranda

#### Gerente de Desenvolvimento Empresarial – GDE

Diana de Mello Jungmann

#### Coordenação Técnica

Patrícia Barreto Jacobs

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

Oto Morato Álvares

#### Responsável Técnico

Ana Amélia Ribeiro Barbosa

### SENAI / DN

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

Alberto Borges de Araújo

#### Apoio Técnico

Diana Freitas Silva Néri

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

Mônica Côrtes de Domênico

### SENAI / SP

Escola SENAI “Oscar Rodrigues Alves” São Paulo

#### Conteudista

Ricardo Zaia

#### Estruturação do Conteúdo

Miguel Luiz Camargo Paschoal

#### Coordenação do projeto pelo SENAI / SP

José Luiz Chagas Quirino

---

#### Supervisão Pedagógica

Regina Averbug

#### Editoração Eletrônica

Link Design

#### Revisão Gramatical

Lúcia Pinheiro



# SUMÁRIO

## Apresentação

### Capítulo 1 – Ventiladores 13

#### Sistemas de ventilação 14

##### Ventiladores 16

Tipos de ventiladores 17

Emprego dos ventiladores axial e radial 19

Finalidade da ventilação 19

Fatores que influenciam no dimensionamento dos ventiladores 21

Pressão 21

Medição da pressão 23

Pressão dinâmica e pressão estática 25

Velocidade do ar 27

Medição na velocidade 28

Vazão do ar 29

Controle de vazão 31

### Capítulo 2 – Manutenção de sistemas de ventilação 35

#### Componentes do sistema de ventilação 36

#### Componentes mecânicos do sistema de ventilação 37

Eixo 37

Rolamentos 39

Lubrificação dos mancais de rolamento 41

Montagem dos rolamentos 41

Montagem deslizante 42

Montagem com interferência 44

Buchas 46

Polias e correias 46

Alinhamento de polias e correias 47

Substituição de correias 50

Manutenção de correias 51

Relação entre polias e correias 52

Vibração excessiva causada por componentes mecânicos 54

Filtros 54

Componentes elétricos do sistema de ventilação 56

Motor elétrico – manutenção 56

Grandezas elétricas 58

Instrumentos de medição de grandezas elétricas 59

Condutores 60

Conexões elétricas 62

Técnicas de identificação dos problemas de sobreaquecimento 65

Impacto das avarias mecânicas na potência elétrica 66

Manutenção preventiva 68

### **Capítulo 3 – Otimização de sistemas de ventilação 71**

Balanceamento do sistema 72

Componentes para controle do sistema de ventilação 73

*Timers* 73

Guias de entrada – *Vanes* 74

Inversor de frequência 75

### **Referências 79**







# APRESENTAÇÃO

---

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

É necessário conservar e estimular o uso eficiente da energia elétrica em todos os setores socioeconômicos do Brasil, uma vez que é importante para o País a adoção de medidas efetivas para a economia de energia e o conseqüente impacto destas ações. Neste cenário, destaca-se a indústria, não só pelo elevado potencial de conservação de energia do seu parque, mas também por sua capacidade de fornecer produtos e serviços para o setor elétrico.

No âmbito das ações que visam criar programas de capacitação direcionados à eficiência energética do setor industrial, faz parte o *Curso de Formação de Agentes Industriais de Nível Médio em Otimização de Sistemas Motrizes*. O objetivo do curso é capacitar agentes industriais, tornando-os capazes de identificar, propor e implementar a redução de perdas nas instalações industriais de sistemas motrizes.

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

- Fomentar ações de eficiência energética em sistemas motrizes industriais;
- Facilitar a capacitação dos agentes industriais de nível médio dos diversos subsetores industriais para desenvolver atividades de eficiência energética;
- Apresentar oportunidades de ganhos de eficiência energética por meio da economia de energia em sistemas motrizes industriais;
- Facilitar a implantação de tecnologias eficientes sob o ponto de vista energético, além da conscientização e difusão de melhores hábitos para a conservação de energia.

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

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

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

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

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

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

Esperamos que este material didático contribua para torná-lo um cidadão cada vez mais consciente e comprometido em alcançar a eficiência energética, colaborando, assim, para que o País atinja as metas necessárias para o setor e, conseqüentemente, benefícios para a sociedade brasileira e para o meio ambiente.



# Capítulo 1

---

## VENTILADORES

### Iniciando nossa conversa

Quem tem carro sabe que ele deve rodar sempre com os pneus alinhados e calibrados pois, do contrário, haverá um aumento de consumo de combustível. Isto acontece porque o motor terá que fazer mais força para mover o veículo.

Da mesma forma, qualquer equipamento movimentado por motores elétricos, e que trabalha fora das condições previstas pelo fabricante, tem um consumo de energia elétrica maior do que o esperado.

Então, para reduzir o consumo de energia de um equipamento, é necessário verificar as condições de funcionamento e compará-las com aquelas previstas pelo projeto, pelo fabricante ou pelas recomendações técnicas.

Quanto maior for o esforço mecânico que o motor elétrico tiver de vencer, maior será o consumo de energia elétrica. Estes esforços mecânicos acontecem desde o ato de *empurrar* o ar por meio dos dutos até o atrito entre as partes móveis do ventilador.

Quando precisamos diminuir o consumo de energia de um ventilador devemos ter em mente que alguns esforços ocorrerão de qualquer maneira, pois são necessários para empurrar o ar, sendo impossível diminuí-los.

No caso dos ventiladores, como isto funciona? Da mesma forma como acontece com o nosso carro! Um desbalanceamento das hélices, por exemplo, força o motor e o aumento do consumo de energia elétrica.

Neste capítulo, começaremos o estudo, aprendendo o que é um ventilador, para que serve, como funciona e como as grandezas físicas, como pressão, vazão e velo-

cidade do ar influenciam no desempenho dessa máquina. Este é o primeiro passo para aprender a reduzir o consumo de energia deste tipo de equipamento.

## Objetivos

O estudo dos temas abordados neste capítulo têm como objetivos:

- Definir um ventilador;
- Identificar os tipos de ventiladores;
- Identificar os conceitos de pressão, vazão e velocidade de um ventilador;
- Identificar os instrumentos de medição de pressão e velocidade de sistemas de ventilação.

## Um desafio para você

Seguindo as diretrizes da indústria farmacêutica *Ipiranga*, o seu gerente de manutenção implantou, na última reunião, um novo plano de metas para a redução do consumo de energia elétrica dos equipamentos. Cada funcionário de sua equipe deverá identificar o consumo de energia elétrica de um grupo de equipamentos.

Para trabalhar nos equipamentos de ventilação foi escolhido um experiente profissional chamado Eric e o estagiário João para ajudá-lo. Para iniciar os trabalhos, Eric pediu a João que relacionasse todos os ventiladores existentes na planta da indústria.

Depois de algum tempo de trabalho, o estagiário percebeu que haviam ventiladores de diferentes tipos e tamanhos. Isto o intrigou.

Após estudar este capítulo responda: por que João encontrou esta situação no sistema de ventilação da planta industrial?

## Continuando nossa conversa

### Sistemas de ventilação

Um sistema de ventilação é constituído de:

- ventiladores;
- dutos;
- elementos auxiliares.

Os dutos, de forma similar às tubulações de um sistema de bombeamento, têm a função de conduzir o fluido de trabalho (ar puro ou com contaminantes) entre as extremidades do sistema de ventilação. Veja um duto na ilustração a seguir.

**Figura 1 – Exemplo de duto**



Um sistema de ventilação pode ter os seguintes elementos auxiliares:

- *dampers* de controle, que funcionariam como as “válvulas” dos sistemas de ventilação, que podem ser manuais ou automáticos e têm a função de controlar e ajustar a vazão do fluido de trabalho;
- *dampers* corta-fogo, que devem isolar os ambientes da fumaça gerada em caso de incêndio, principalmente no caso de entrada do ar externo;
- filtros, aplicados para remover pó, particulado sólido, contaminantes e odor durante o escoamento do fluido;
- abafadores de ruído, usados para reduzir o nível de barulho produzido pelo ventilador;
- caixas de mistura, utilizadas para misturar correntes gasosas diversas e garantir a especificação do gás insuflado no ambiente. Por exemplo: o ar de retorno de um ambiente com condicionamento de ar e o ar externo são misturados na caixa de mistura para garantir uma taxa de renovação específica e manter em nível baixo a concentração de contaminantes, tal como o  $\text{CO}_2$ ;
- difusores, instalados na extremidade dos dutos, são os elementos responsáveis por distribuir/remover adequadamente o ar dos ambientes.



Os sistemas de ventilação podem ter funções variadas conforme a instalação:

- Promover a circulação de ar (natural, resfriado ou aquecido) para manter conforto humano em ambientes;
- Remover ar contaminado de ambientes;
- Remover, com auxílio de uma corrente de gás, particulado sólido gerado em processos industriais;
- Promover a filtragem de ar de ambientes críticos etc.

## Ventiladores

O ventilador é uma máquina que tem como função levar gás de um local para outro. É utilizado, por exemplo, para trazer uma quantidade de ar novo para um ambiente, para retirar os gases do escapamento dos automóveis em uma garagem, para retirar a fumaça de uma cozinha etc.

A próxima ilustração mostra um ventilador industrial.

**Figura 2 – Ventilador industrial**



O ar pode ser empurrado para dentro do ambiente ou pode ser puxado para fora do ambiente e o equipamento que vai realizar esta tarefa é o mesmo, mudando de nome conforme a situação.

Quando o ar é empurrado, chamamos o equipamento de *ventilador*, quando o ar é puxado chamamos de *exaustor*.

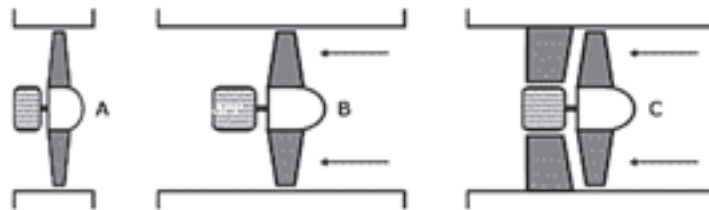
Mas, com que se parece um ventilador? Para responder a pergunta devemos conhecer os tipos de ventiladores.

## Tipos de ventiladores

Existem basicamente dois tipos de ventiladores: o *axial* e o *radial*. O ventilador do tipo *axial* é aquele cuja pá lembra uma hélice. Trata-se de um tipo muito comum de pá, presente naquele modelo que temos em casa ou até mesmo no exaustor de uma cozinha.

A figura a seguir mostra como podem ser os ventiladores radiais.

**Figura 3 – Ventiladores axiais**



Fonte: [www.mspc.eng.br](http://www.mspc.eng.br)

A configuração A corresponde a ventiladores geralmente instalados em paredes, para uso como exaustor ou ventilador.

A configuração B mostra um conjunto hélice-motor montado em um trecho de duto circular e que permite acoplamento com outros dutos.

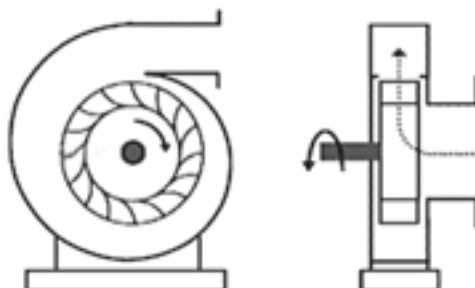
Na configuração C, para melhorar o rendimento, as aletas fixas posteriores têm a finalidade de direcionar o movimento espiralado do ar na saída da hélice para um movimento retilíneo ao longo do duto.

O ventilador do tipo *radial* também é conhecido como centrífugo devido ao fato de aspirar o ar pelo centro. As pás são distribuídas radialmente formando um rotor parecido com um cilindro. O fluxo se dá radialmente do centro para fora do conjunto, ou seja, opera da mesma maneira que uma bomba centrífuga para líquidos.

O rotor gira dentro de uma carenagem especial que dirige o fluxo para uma única saída.

A próxima figura ilustra esse tipo de ventilador.

**Figura 4 – Ventilador radial**

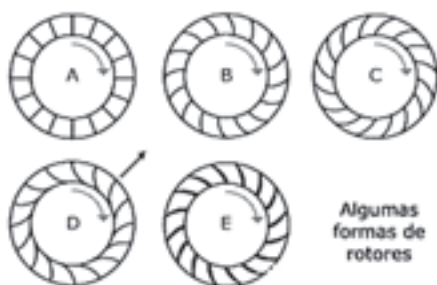


Fonte: [www.mspc.eng.br](http://www.mspc.eng.br)

O motor, que não está indicado na figura, é montado na parte externa e o acionamento pode ser direto ou por meio de correias.

O formato das pás no rotor influencia no rendimento e aplicação do ventilador. Observe, na figura a seguir, vários formatos de pás.

**Figura 5 – Formatos de pás em rotores diversos**



Fonte: [www.mspc.com.br](http://www.mspc.com.br)

O rotor A tem pás radiais planas empregadas para trabalho pesado com partículas abrasivas e em suspensão. Seu rendimento é baixo.

O rotor B tem pás curvas para trás, o que dá uma vazão média para tornar o ar limpo, com baixo nível de ruído, alta pressão e rendimento médio.

O rotor C apresenta pás curvas para a frente, fornece fluxo de ar de alta pressão e rendimento médio. Permite vazões mais altas em diâmetros menores.

O rotor D tem pás curvas para a frente com saída radial. Fornece fluxo de ar de alta pressão e alta vazão, com rendimento médio.

O rotor E apresenta pás de perfil asa. É empregado para movimentar ar limpo com baixo nível de ruído e bom rendimento.

### **Emprego dos ventiladores axial e radial**

Geralmente, quando instalado corretamente, o ventilador axial apresenta rendimentos na faixa dos 80%, ou seja, da energia mecânica que chega até o eixo, ele transfere cerca de 80% para o ar. Isso acontece porque a direção do fluxo de saída é a mesma do fluxo de entrada.

Apesar de apresentar maior rendimento o ventilador axial tem algumas desvantagens. Por exemplo: se ele for montado em dutos, isso dificultará sua manutenção, que será mais trabalhosa. Seu nível de ruído é maior e, embora possa ter motor externo e acionamento por correia, seus mancais e parte da correia estão em contato com o fluxo de ar, ou outros gases. Por melhores que sejam as proteções, isso limita sua aplicação em ambientes que contenham partículas abrasivas, gases corrosivos e altas temperaturas.

A forma construtiva do ventilador radial permite que os mancais fiquem em posição externa em relação ao fluxo do ar ou gases. Isso os mantém protegidos e, no caso de altas temperaturas, o eixo pode ser prolongado ou dispor de discos para dissipar o calor. A montagem e a desmontagem do ventilador radial também são facilitadas.

### **Finalidade da ventilação**

A função principal do ventilador é promover a circulação do ar no ambiente. Nas residências, esta circulação é proporcionada pela convecção, a qual ocorre em todos os fluidos (líquidos e gases).

A convecção acontece quando a massa de ar frio desce devido ao peso e empurra a massa de ar quente para cima, que é mais leve. Depois de um tempo, a massa de ar quente se resfria e inicia o processo novamente.

O processo de convecção é ilustrado na representação esquemática mostrada a seguir.

**Figura 6 – Processo de convecção**

Mas, a circulação de ar por convecção se torna ineficiente em:

- Ambientes comerciais, pois encontramos uma grande concentração de pessoas, que geram calor, soltam odores e exalam o gás carbônico da respiração;
- Ambientes industriais, devido à presença de contaminantes no ar, que podem ser inalados pelos funcionários e causar danos à sua saúde. Os contaminantes podem ser considerados como partículas bem pequenas que podem ser encontradas no ar próximo a máquinas produtivas, próximo à queima de combustíveis, próximo a produtos químicos etc.

Para resolver este problema, realiza-se a introdução de ar novo e a remoção do ar velho para diluir os odores e os contaminantes. Como o ar se encontra no estado gasoso e não tem volume próprio, é necessária a utilização de tubulações chamadas de dutos para conduzi-lo pelo caminho desejado, ou seja, sem os dutos, o ar não irá para onde queremos.

Veja esse processo ilustrado na figura a seguir.

**Figura 7 – Esquema de ventilação e exaustão**

Mas, ainda temos algumas perguntas para responder: quando utilizar o modelo axial e não o radial? Para escolher o tipo correto de ventilador, é preciso saber qual é a pressão que o ventilador deverá vencer (empurrar), a qual dependerá da existência ou não dos dutos e das interferências no caminho do ar. Por isso, antes de descobrir como utilizar corretamente os tipos de ventiladores, é necessário saber o que é pressão, o que é vazão e o que é velocidade e como essas grandezas influenciam no desempenho do equipamento.

## Fatores que influenciam no dimensionamento dos ventiladores

### Pressão

Chamamos de pressão a relação existente entre uma força aplicada numa determinada área. Para exemplificar o conceito de pressão faremos uma experiência prática:

- 1º – Pegue um lápis apontado;
- 2º – Coloque-o entre os dedos polegar e indicador, de maneira que a ponta fina fique no indicador e a ponta grossa fique no polegar;
- 3º – Vá apertando gradualmente o lápis;
- 4º – Você perceberá que a sensação de dor será maior no dedo indicador.

### Figura 8 – Experiência do lápis



A sensação de dor foi maior no indicador porque a pressão era maior ali. Caso a experiência seja repetida invertendo-se a ponta fina entre os dedos indicador e polegar você perceberá que a dor passará para o polegar.

Matematicamente a pressão é definida por:

$$P = \frac{F}{A}$$

Nesta igualdade:

**P** é a pressão expressa em  $N/m^2$  (lê-se Newton por metro quadrado)

**F** é a força expressa em Newton (N)

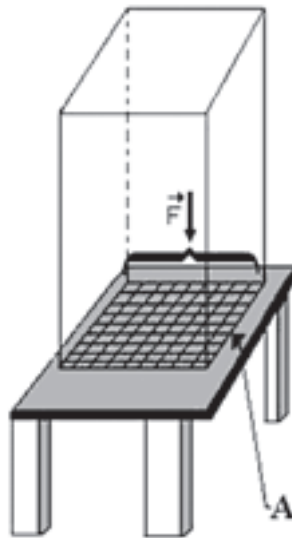
**A** é a área expressa em metros quadrados ( $m^2$ )

Observação

A unidade  $N/m^2$  também é conhecida como Pascal, cujo símbolo é o Pa.

A representação esquemática a seguir ilustra o conceito de pressão.

**Figura 9 – Conceito de pressão**



A definição matemática da pressão nos mostra que quando temos a pressão de  $50 N/m^2$ , dizemos que a força de 50 Newton está agindo sobre uma superfície de  $1 m^2$ .

Se a mesma força fosse aplicada numa área duas vezes maior, ou seja,  $2 m^2$ , a pressão diminuiria para  $25 N/m^2$ :

$$P = \frac{F}{A}$$

$$P = \frac{50N}{2m^2}$$

$$P = 25 \frac{N}{m^2}$$

Voltemos à experiência do lápis. Qualquer dos seus dedos que pressionar a ponta mais fina do lápis fará com que você tenha uma sensação de dor maior. A ponta mais fina tem uma superfície menor, portanto, a pressão aplicada sobre ela é maior. E você sentirá mais dor.



### Fique ligado!

Também existem outras unidades de pressão utilizadas na ventilação:

**mmCA** = milímetro de coluna de água;

**in WC** (*inch water column*) = polegada de coluna de água.

Os técnicos e os fabricantes podem escrever na placa de identificação do ventilador o nome da unidade, a grandeza física ou simplesmente o símbolo de qualquer uma delas. Apesar de existir uma legislação brasileira que obriga a utilização das unidades determinadas no Sistema Internacional (SI), podem ser encontrados ventiladores com as grandezas indicadas por meio de outras unidades.

### Medição da pressão

A medição da pressão indica a força por unidade de área com a qual o ventilador está *empurrando* ou *puxando* o ar. Isto indica se o ventilador é adequado e está dimensionado de acordo com as necessidades de ventilação do ambiente.

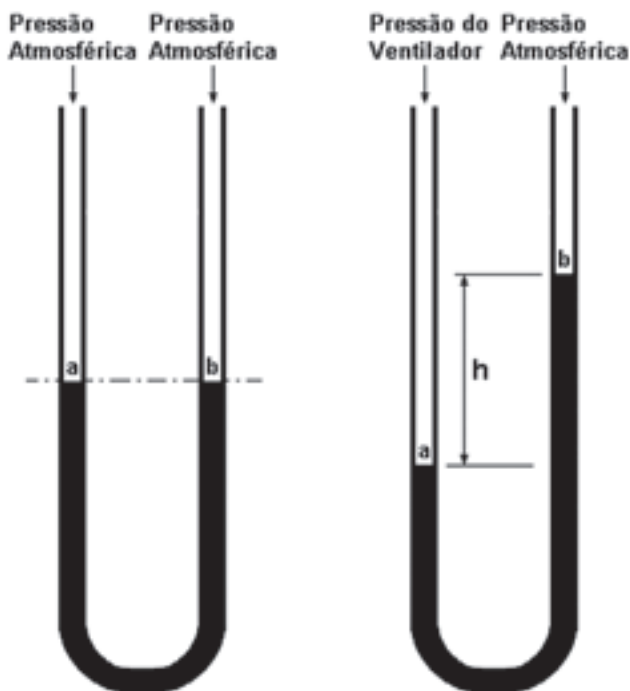
Para medir essa força, usa-se um instrumento simples que é muito utilizado na área de ventilação. Trata-se do manômetro de tubo em U.

Vamos fazer uma comparação para que você consiga visualizar este instrumento: você conhece a mangueira utilizada pelo pedreiro para marcar o nível de uma construção? Muitas pessoas a conhecem como mangueira de nível ou mangueira cristal, devido ao fato de ela ser transparente. Esse manômetro é muito parecido com uma mangueira cristal em forma de U.



Considere, por exemplo, uma mangueira com o comprimento de 2 metros em que você faria um U igual ao da figura a seguir.

**Figura 10 – Manômetro de tubo em U**



Cada trecho vertical (em pé) acima da curva será chamado de *coluna*. Coloque um pouco de água dentro da mangueira e aguarde por alguns instantes até que o líquido pare de se movimentar. Você verá que a altura da água nas duas colunas será igual. Nesta condição, dizemos que a água está em equilíbrio e a pressão na superfície do líquido é igual nos dois pontos *a* e *b*, onde age a pressão do ar, que chamamos de *pressão atmosférica*.

Se você colocar uma das colunas na saída de um ventilador notará que a água irá descer nesta coluna e subir na outra, formando um desnível nas colunas, representado pela letra *h*. Medindo este desnível com uma régua em milímetros, teremos a pressão de saída do ventilador. Nestas condições, dizemos que a leitura da pressão é de *h* milímetros de coluna de água acima da *pressão atmosférica*. Exemplo: 23 mmCA.

Para aumentar a precisão da leitura, os manômetros de tubo em U encontrados nas lojas utilizam líquidos coloridos, de volume maior que a água. Nestes instrumentos, é necessária a utilização do líquido recomendado pelo fabricante.

A pressão determina o limite máximo para a utilização de determinado tipo de ventilador.

Assim, por exemplo, os ventiladores axiais normalmente são usados com valores de pressão até 70 mmCA (ou 700 Pa). Outra característica desse tipo de ventilador é o seu tamanho. Para uma mesma vazão, ele é sempre maior do que o ventilador radial.

Os ventiladores radiais são mais compactos e podem ser usados com várias faixas de valores de pressão.

Tomando como exemplo a indústria farmacêutica *Ipiranga*, temos diversos e diferentes ambientes administrativos e produtivos, com elevado número de pessoas com horários e necessidades díspares. Por este motivo, os ventiladores são escolhidos pela facilidade de trazer ou retirar o ar dos ambientes ventilados.

Assim, por exemplo, se um galpão de oficinas de manutenção for fechado, mas estiver no nível da rua, podem ser usados ventiladores axiais para introduzir ar novo. As janelas ou os portais de acesso do pessoal seriam suficientes para a saída do ar viciado e de odores.

Para o setor administrativo, seria utilizado um sistema central nos quais os ventiladores centrífugos radiais trariam o ar externo, devidamente tratado, para os ambientes a fim de renovar o ar e diminuir a concentração dos contaminantes existentes. Essa opção pelo ventilador centrífugo radial é determinada pela dificuldade de deslocar o ar por todas as áreas produtivas e pelos requisitos impostos pelo tratamento do ar, já que isso implica na necessidade de um valor alto da pressão disponível no ventilador.

### Pressão dinâmica e pressão estática

A pressão por meio da qual o ventilador empurra ou puxa o ar é chamada de *pressão total* ( $P_t$ ), que é uma soma da *pressão dinâmica* ( $P_d$ ) com a *pressão estática* ( $P_e$ ) do ar.



#### Fique ligado!

$$\text{Pressão total } (P_t) = \text{pressão dinâmica } (P_d) + \text{pressão estática } (P_e).$$

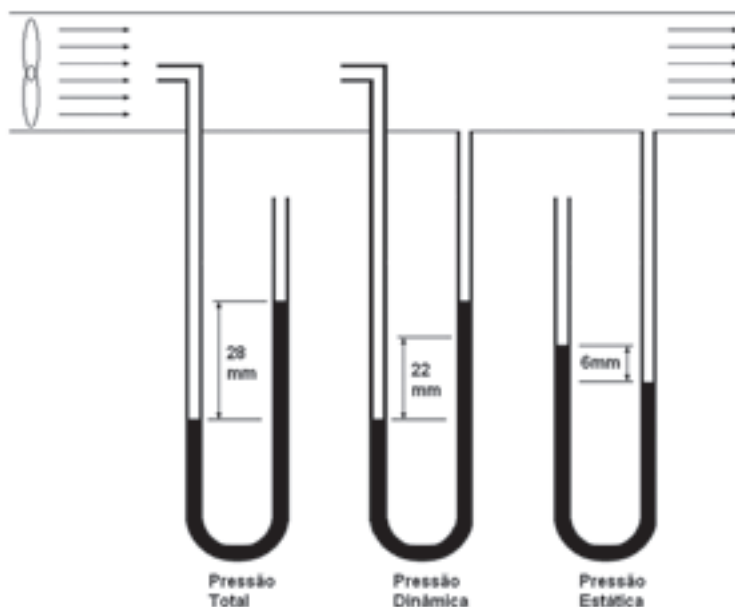
A pressão do ar dentro do duto, como já foi visto, é medida pelo manômetro em U. Quando a pressão é medida com uma das colunas do manômetro no centro do duto e a outra aberta para a atmosfera, obtém-se *pressão total*.

A *pressão dinâmica* está relacionada à velocidade do ar. Ela é medida com uma das colunas do manômetro no centro do duto e a outra atravessando a parede do duto sem penetrar nele.

A pressão medida é a *estática*, quando a pressão do ar dentro do duto é medida com uma coluna atravessando a parede do duto sem penetrar dentro dele e a outra aberta para a atmosfera. Este é um dado importante para dimensionar o ventilador, portanto, é considerado no projeto.

A figura a seguir ilustra a correta localização das colunas do manômetro na medição da pressão dinâmica e da pressão estática.

**Figura 11 – Localização correta das colunas do manômetro de tubo em U**



A pressão estática é resultante do atrito entre o ar e o duto e depende do tipo de material com qual o duto é fabricado. Isto significa que quanto mais áspero for o material de construção do duto, maior será o valor desta pressão. É comum o duto estufar quando é fabricado com material muito fino. Isso é resultado da ação da pressão estática e é uma das causas de desperdício de energia elétrica em sistemas de ventilação.

Assim, se por qualquer motivo, toma-se a decisão de substituir um duto da superfície interna lisa por um outro corrugado, o valor da pressão estática será maior e o ventilador deverá ser mais potente, exigindo maior fornecimento de energia para funcionar.

Como o valor de pressão estática é determinado pelo projeto e continua sendo igual nas instalações que não tiveram mudanças na rede de dutos, o que interessa ao pessoal de manutenção que deseja otimizar o consumo de energia elétrica, é apenas o impacto da pressão dinâmica por meio da mudança no valor da velocidade do ar. Mas como pode ocorrer esta mudança?



### Fique ligado!

Quanto maior for a pressão com a qual o ventilador empurra o ar, maior será o tamanho do motor elétrico usado para acioná-lo e maior será o consumo de energia elétrica.

## Velocidade do ar

A velocidade é uma propriedade importante para a ventilação devido à sua relação com o ruído, pois quanto maior for a velocidade, maior será o ruído causado.

Este ruído é limitado pelas normas técnicas e pelas leis, pois pode provocar danos à audição dos usuários do ambiente ou, até mesmo, para aqueles que ficam próximos dos equipamentos, como os profissionais de manutenção.

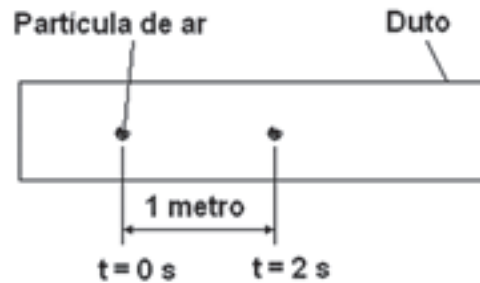
Outro detalhe importante é que a velocidade determina a pressão dinâmica, o que implica no aumento da pressão total que o ventilador deverá vencer para conseguir empurrar ou puxar o ar através dos dutos.

A velocidade é a grandeza física que mede quanto tempo uma determinada partícula de ar demorou a percorrer uma distância conhecida. Sua unidade é o metro por segundo e a representação é  $\frac{m}{s}$ .

A Física determina que a velocidade é uma relação entre o espaço percorrido em metros e o tempo decorrido em segundos. Para compreender este conceito,

Imagine uma partícula de ar dentro de um duto. Considere que esta partícula de ar se desloca por uma distância de 1 metro durante o tempo de 2 segundos:

**Figura 12 – Partícula percorrendo a distância de 1 metro em dois segundos**



Isso é representado matematicamente pela seguinte igualdade:

$$\text{Velocidade} = \frac{\text{distância}}{\text{tempo}}$$

Substituindo os valores, teremos:

$$v = \frac{1}{2}$$

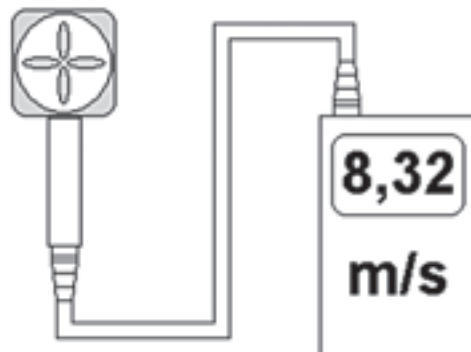
$$v = 0,5 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

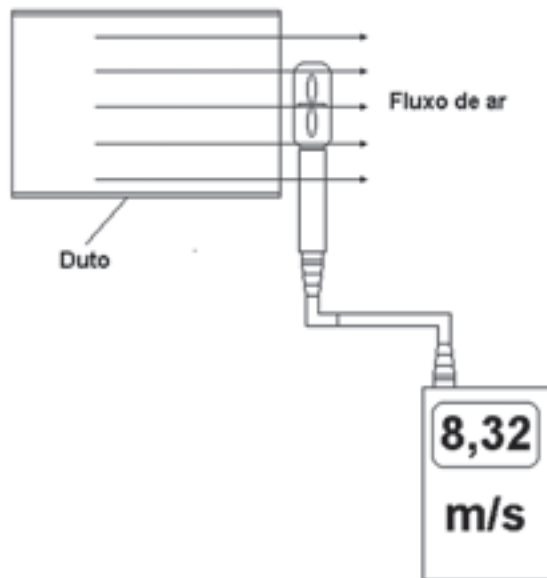
Isso significa que a partícula percorre meio metro a cada segundo.

### Medição na velocidade

O instrumento utilizado para medir a velocidade do ar é chamado de anemômetro. Para fazer a leitura coloca-se a ponta com a hélice dentro do duto e anota-se a leitura quando o valor se estabiliza.

**Figura 13 – Anemômetro**



**Figura 14 – Utilização do anemômetro**

O procedimento correto para medir a velocidade é aquele em que são realizadas várias leituras, cuja média é o valor considerado.

Por exemplo, digamos que você tenha feito três leituras, encontrando os valores 8, 7 e 9. Primeiramente, somam-se as leituras e depois divide-se o resultado pelo número de leituras:

$$\text{média} = \frac{\text{soma das leituras}}{\text{número de leituras}} = \frac{8+7+9}{3} = \frac{24}{3} = 8 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

Já vimos o que é velocidade e como medi-la. Porém, com essas informações, ainda não podemos responder como ocorre o impacto da pressão dinâmica sobre a economia de energia, com a mudança no valor da velocidade do ar. Para isso, ainda temos que aprender um outro conceito: o de *vazão*.

### Vazão do ar

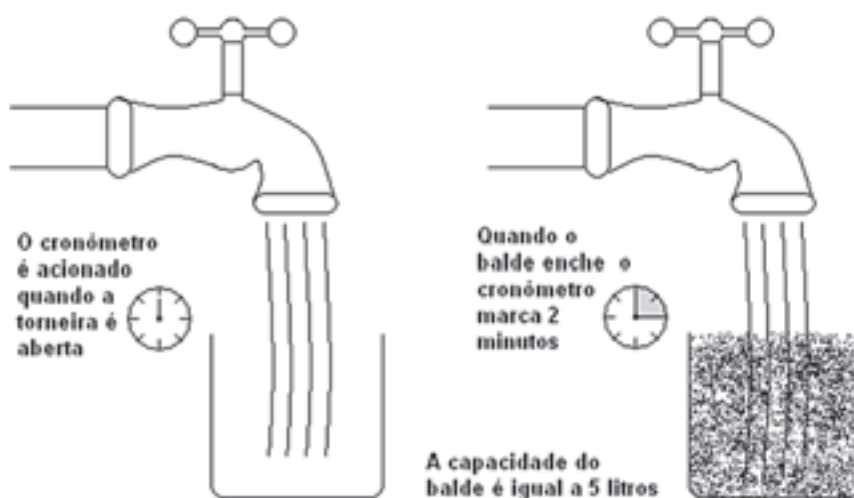
Quando em funcionamento, o ventilador deverá deslocar uma determinada quantidade de ar. Isso pode ser representado matematicamente da seguinte maneira:

$$\text{Vazão} = \frac{\text{volume}}{\text{tempo}}$$

A vazão determina o quanto de ar será empurrado ou puxado pelo ventilador. Quanto mais ar for empurrado ou puxado, maior terá de ser a potência do motor e maior será o consumo de energia elétrica.

Para entender o conceito da vazão, vamos fazer uma experiência prática. Considere um balde vazio com capacidade de 5 litros embaixo de uma torneira. Quando a torneira é aberta, disparamos um cronômetro e contamos quanto tempo leva para encher o balde.

**Figura 15 – Exemplo de determinação de vazão**



Por exemplo, digamos que o balde demorou dois minutos para ficar cheio. Como a capacidade do balde é de 5 litros, podemos dizer que a vazão da água foi de 2,5 litros por minuto:

$$\text{Vazão} = \frac{5l}{2\text{min}} = 2,5 \frac{l}{\text{min}}$$

Embora esse seja um bom exemplo para mostrar como a vazão age, com o ar o processo não ocorre da mesma forma.

O estado físico do ar é gasoso e não permite acumulação em um balde. Isso significa que é necessário utilizar uma outra relação entre as grandezas.

Quando se trata de sistemas de ventilação, vamos usar uma forma especial: determinar a área do duto e multiplicá-la pela distância encontrada na velocidade,

uma vez que, como já vimos, velocidade é a distância percorrida dentro de um determinado tempo. Normalmente, esta quantidade é dada em metros cúbicos por hora.

Matematicamente, isso pode ser representado da seguinte maneira:

$$\frac{\text{m}^3}{\text{h}} = \text{m}^2 \times \frac{\text{m}}{\text{s}} \times 3600 \frac{\text{s}}{\text{h}}$$

Uma forma prática de fazer esse cálculo é encontrar a área (lado x lado medidos com a trena) do duto, dada em  $\text{cm}^2$  e multiplicá-la pelo valor encontrado no anemômetro:

$$\text{Vazão} \left( \frac{\text{m}^3}{\text{h}} \right) = \text{Área} (\text{cm}^2) \times \text{velocidade} \left( \frac{\text{m}}{\text{s}} \right) \times 0,36$$

## Controle de vazão

Qualquer sistema de ventilação é sempre projetado para fornecer uma determinada vazão que precisa vencer as dificuldades encontradas ao longo dos dutos. O que já sabemos é que a pressão do ventilador deve vencer essas dificuldades.

Isto significa que a pressão do equipamento deverá ser *maior* do que as dificuldades encontradas dentro dos dutos do sistema. Se isso não acontecer, o ar não vai atingir a vazão de projeto e o resultado será uma ventilação deficiente.

Na condição de operação é obrigatório que o sistema trabalhe dentro das situações previstas no projeto. Todas as vezes em que essas condições forem perdidas por diferentes razões, duas coisas podem acontecer:

- aumento do consumo de energia ou
- ventilação inadequada devida à falta ou excesso de ar.

Estas condições são perdidas, muitas vezes, pelo desconhecimento por parte do pessoal de manutenção da importância da abertura adequada dos registros de regulação, conhecidos como *damper*.

A figura a seguir mostra um *damper* com seu respectivo atuador que é responsável pela abertura automática das aletas (ou lâminas).



**Figura 16** – *Damper*

Fonte: *Johnson Controls*

Esse dispositivo funciona como uma espécie de válvula que regula a vazão do ar. Se esses registros forem abertos ou fechados, as relações entre as grandezas de pressão, vazão e velocidade serão modificadas em relação ao que o projeto do sistema prevê. Se ele é fechado demais, a pressão aumenta além do previsto e o consumo de energia também aumenta. Se ele estiver aberto demais, a vazão aumentará e haverá desconforto no ambiente ventilado como, por exemplo, os papéis sobre as mesas começam a voar e pode haver aumento de ruído.

O projeto não especifica o grau de abertura do *damper*. Ele fornece valores de pressão, velocidade e vazão que devem ser encontrados nas medições realizadas. Este será o trabalho de Eric e João na adequação do sistema da indústria farmacêutica.

## **Voltando ao desafio**

João encontrou ventiladores de diferentes tipos e tamanhos porque dentro do sistema projetado existem necessidades de diferentes valores de pressão e vazão.

## Resumindo

Inicialmente aprendemos que:

- o ventilador é um equipamento que desloca gases e que recebe o nome de exaustor quando puxa o ar do ambiente;
- os tipos mais comuns de ventiladores encontrados nas instalações são o axial e o radial;
- o ventilador residencial refresca o ambiente por meio da convecção;
- nas aplicações comerciais e industriais é necessário empurrar o ar novo para retirar os contaminantes encontrados dentro do ambiente.

Conhecemos, ainda, os conceitos de pressão, vazão e velocidade e a relação entre essas grandezas.

Vimos que os instrumentos de medição utilizados são:

- manômetro de tubo em U, para pressão;
- anemômetro para velocidade.

## Aprenda mais

Consulte as revistas da área (*ABRAVA, Refrigeração e Climatização, Oficina do Frio*) para encontrar mais informações sobre equipamentos de ventilação.



## Capítulo 2

---

# MANUTENÇÃO DE SISTEMAS DE VENTILAÇÃO

### Iniciando nossa conversa

No capítulo anterior, você estudou que os ventiladores sofrem esforços que não podem ser reduzidos devido ao fato de serem necessários para empurrar ou puxar o ar.

Mas, existem esforços que são ocasionados por peças desgastadas ou mal instaladas: são os esforços mecânicos. De maneira geral, qualquer componente do equipamento que trabalhe fora das condições normais para as quais foi projetado, fará com que o equipamento aumente seu consumo de energia elétrica para funcionar.

Este fato evidencia a importância dos serviços de manutenção para que os equipamentos de qualquer sistema de ventilação funcionem com a maior eficiência e com o menor consumo de energia possíveis.

Neste capítulo, você vai conhecer o que deve ser feito durante os serviços de manutenção para que os ventiladores funcionem adequadamente e qual é o impacto do conjunto formado pelo ventilador e pelo motor elétrico no consumo de energia elétrica.

### Objetivos

Ao estudar o capítulo, temos como objetivos:

- Explicar a função dos mancais;
- Explicar o funcionamento dos rolamentos;
- Identificar os problemas de lubrificação e montagem em rolamentos;

- Explicar o funcionamento de polias e correias;
- Identificar problemas de alinhamento e aperto de polias e correias;
- Conhecer grandezas elétricas;
- Conhecer os instrumentos de medição das grandezas elétricas;
- Conhecer como se faz a inspeção de um motor elétrico;
- Conhecer as intervenções a serem feitas na realização da manutenção preventiva.

## Um desafio para você

Eric, um profissional da equipe do serviço de manutenção de uma indústria farmacêutica, tem como tarefa sugerir ações que levem à redução do consumo de energia dos ventiladores do sistema de ventilação instalado na respectiva planta industrial.

Tendo esta missão em mente, após estudar este capítulo com atenção, responda: de que maneira os componentes da parte mecânica do ventilador causam aumento do consumo de energia elétrica?

## Continuando nossa conversa

### Componentes do sistema de ventilação

Um sistema de ventilação necessita de manutenção nos componentes mecânicos e nos componentes elétricos. Os componentes mecânicos estão associados ao movimento e à sustentação das peças. Já os componentes elétricos estão associados à condução de energia.

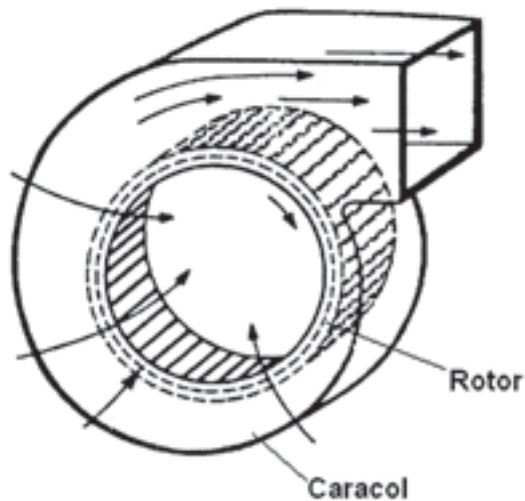
De maneira bem simples, podemos dizer que a energia elétrica é o *alimento* do ventilador, que proporciona o movimento das peças e faz o ar ser empurrado para dentro ou para fora dos ambientes. Os componentes que carregam esse *alimento* precisam ter tamanhos adequados a fim de evitar sobreaquecimento e riscos à vida das pessoas.

Vamos conhecer primeiro os componentes mecânicos e, depois, os elétricos.

## Componentes mecânicos do sistema de ventilação

Qualquer conjunto mecânico possui partes fixas e móveis. Por exemplo, um ventilador radial possui a parte fixa, que é o *caracol* e a parte móvel, que é o *rotor*. Observe a ilustração a seguir.

**Figura 17 – Exemplo de partes fixa e móvel de um ventilador radial**



Os componentes da parte mecânica, que permitem a transmissão de potência por meio do movimento, têm impacto no consumo de energia elétrica.

Vamos, então, estudar esses componentes, que são:

- eixo;
- rolamentos;
- buchas;
- polias e correias.

### Eixo

Para que o ar seja deslocado é preciso que o rotor gire sem raspar as paredes internas do caracol. Para isto, é necessário que o eixo tenha dois pontos de apoio. O eixo transmitirá o movimento e a potência do motor elétrico.

Para exemplificar essa necessidade, vamos fazer uma experiência prática utilizando dois pedaços de caibros de madeira e uma vassoura, com cabo feito de madeira também.

Os caibros são colocados sobre uma mesa, de maneira a conseguir deitar o cabo da vassoura sobre eles. Ao tentar girar a vassoura pela ponta do cabo, você perceberá a dificuldade em mantê-lo sobre os caibros, pois a tendência da vassoura é rodar e sair de cima deles.

**Figura 18 – Exemplo de um eixo rústico com os mancais**



Para resolver este problema seria necessário furar cada caibro, de forma a encaixar o cabo de vassoura com uma folga suficiente para girá-lo, como mostra a figura a seguir.

**Figura 19 – Cabo de vassoura preso na madeira**



Com esta montagem, conseguimos limitar o deslocamento indesejado que acontecia antes com o cabo da vassoura. Mas outro problema aparecerá, pois, se continuarmos a girar o cabo, perceberemos a formação de pó nos apoios, devido ao atrito entre os caibros e o cabo da vassoura.

À medida que o cabo gira, o atrito causa a retirada de madeira fazendo com que o cabo fique mais fino, ou o furo fique maior, dependendo de qual deles tem a madeira mais macia. Depois de um tempo, a vassoura começaria a pular em cima dos caibros, como consequência do que chamamos de desgaste.

Num ventilador, a montagem do eixo e das pás é semelhante. As cerdas de piaçava são como o rotor do ventilador deslocando o ar, o cabo da vassoura funcionaria como o eixo transmitindo movimento, os caibros são como os mancais apoiando o eixo e a sua mão tal qual o motor elétrico gerando potência.

Da mesma maneira que ocorre a retirada da madeira do cabo da vassoura e dos eixos usados no exemplo, ocorre a retirada de metal entre o eixo e os mancais do ventilador. Assim como a vassoura foi posicionada para que pudesse girar, o eixo do ventilador também é posicionado para fazer as pás girarem.

Assim, os mancais têm duas funções:

- Posicionar o eixo e
- Permitir seu giro com pouco desgaste.

As funções dos mancais são realizadas de duas maneiras, com a utilização de:

- rolamentos;
- buchas.



### Fique ligado!

Quanto maior for o atrito entre o eixo e o mancal, maior será a força que o motor terá de mover e maior será o consumo de energia elétrica.

## Rolamentos

Até bem pouco tempo atrás era comum ver os rolamentos sendo utilizados como rodinhas nos carrinhos de *rolemã* com que os garotos brincavam em ruas asfaltadas. Atualmente, os rolamentos são muito utilizados nos *trucks* dos *skates*.

Em uma definição técnica os rolamentos “são elementos constituídos de dois anéis concêntricos separados por elementos rolantes que podem ser esferas ou rolos” (ANTUNES e FREIRE, 1998, p.161).



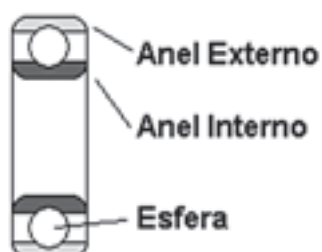
Confira na ilustração a seguir.

**Figura 20 – Diferentes tipos de rolamentos**



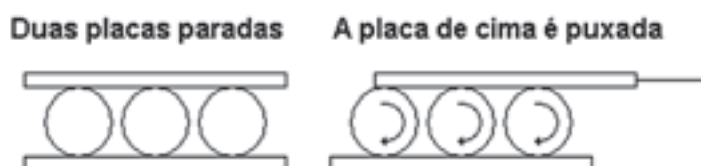
A próxima figura mostra um rolamento de esfera em corte.

**Figura 21 – Rolamento em corte**



O funcionamento do rolamento é baseado no movimento das esferas. Imagine um sanduíche formado por duas placas com o recheio de esferas. Se puxarmos uma placa, as esferas giram enquanto a outra placa fica parada.

**Figura 22 – Exemplo do funcionamento do rolamento**



No rolamento acontece a mesma coisa. O anel interno é puxado pelo eixo, as esferas giram e o anel externo fica parado junto ao mancal. Devido ao giro das esferas, o desgaste é muito menor do que aquele que ocorreria com o eixo girando diretamente sobre o mancal. Mesmo assim, é necessário utilizar um lubrificante para aumentar ainda mais a vida do rolamento.

### **Lubrificação dos mancais de rolamento**

No caso dos mancais de ventiladores, o método de lubrificação mais comum é a utilização de graxa, que deve ser específica para rolamentos. Quando são utilizadas graxas para outros fins, verificamos que, em pouco tempo, ocorre o desgaste da pista do anel ou da esfera do rolamento, o que aumenta o atrito e o consumo de energia elétrica.

O fabricante do ventilador ou o do rolamento indicam o intervalo de tempo entre cada lubrificação. O procedimento é bem simples: consiste em tirar a graxa antiga e colocar a nova.

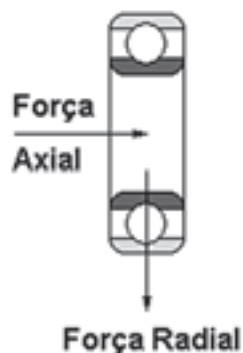
Dependendo do tipo de mancal, a graxa é aplicada diretamente sobre o rolamento com um pincel. Em outros, utiliza-se a engraxadeira, que é uma espécie de seringa de injeção que se encaixa num bico semelhante a uma válvula de pneu, permitindo empurrar a graxa nova, enquanto a velha sai por um furo.

Depois de certo tempo, ocorre o endurecimento da camada externa, que está em contato com o ar, formando uma capa protetora, enquanto internamente a graxa mantém sua forma pastosa. Esta camada protetora permite manter o rolamento livre de poeira ou de partículas estranhas que poderiam se alojar entre as esferas e os anéis, o que aumentaria a força necessária para girar o eixo e aumentaria o consumo de energia elétrica.

Outro defeito seria aquele em que os anéis do rolamento encontram-se empenados, tendo como causa mais comum o erro na hora da montagem. Mas como isso acontece? É o que veremos a seguir.

### **Montagem dos rolamentos**

Cada rolamento recebe uma denominação diferente em relação à função que exerce no conjunto mecânico, pois um eixo deve ter seus movimentos limitados nos sentidos radial e axial. Observe ilustração a seguir.

**Figura 23 – Sentido das forças axial e radial**

Quando um rolamento limita os sentidos radial e axial ao mesmo tempo recebe o nome de rolamento *fixo*.

Quando o rolamento limita apenas um dos sentidos, recebe o nome de *livre*. Esta limitação de sentido ocorre por meio de pequeníssimas diferenças entre as medidas das peças. Estas diferenças são chamadas de *ajustes*, que podem ser:

- Deslizante, quando a montagem entre peças mecânicas em que a peça que vai entrar, o macho, é ligeiramente menor do que a peça que a recebe, a fêmea;
- De interferência, quando a montagem entre peças mecânicas em que a peça que vai entrar, o macho, é ligeiramente *maior* do que a peça que a recebe, a fêmea.

Os valores corretos dos ajustes são encontrados no catálogo do fabricante e dependem da facilidade de montagem e da força mínima para manter os anéis travados junto ao eixo durante o funcionamento.

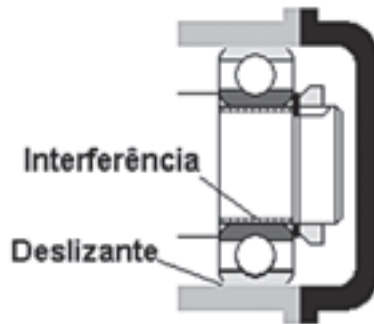
### **Montagem deslizante**

O ajuste deslizante é necessário para facilitar a montagem e o de interferência é necessário para travar os anéis que têm a tendência de girar. Desta forma, evita-se o desgaste do eixo.

Portanto, um dos rolamentos deve ser fixo para limitar o deslocamento axial, e o outro livre para facilitar a montagem e conter a dilatação térmica normal durante o funcionamento do equipamento.

A figura a seguir mostra que na montagem de um rolamento livre em um eixo, utiliza-se o ajuste de interferência no anel interno e o ajuste deslizante no anel externo.

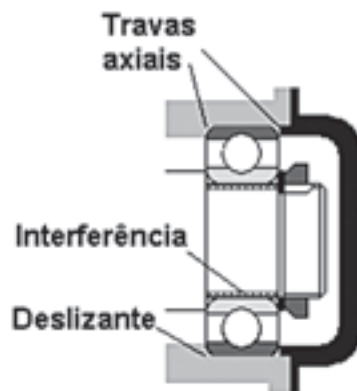
**Figura 24 – Exemplo dos ajustes do rolamento livre**



A montagem com o ajuste deslizante é mais simples do que a feita com interferência, pois a força necessária para realizá-la é apenas a dos braços do montador.

A próxima ilustração mostra a representação esquemática de um rolamento fixo.

**Figura 25 – Exemplo de rolamento fixo**



A montagem da figura 25 mostra que as forças axiais são travadas pela disposição das peças e as forças radiais pelo ajuste de interferência, o que implica na utilização de ferramentas durante a montagem dos rolamentos.

## Montagem com interferência

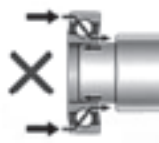
Ao contrário da montagem deslizante, a montagem com interferência necessita do uso de ferramentas que proporcionem uma força adicional, já que o diâmetro do rolamento é ligeiramente *menor* do que o diâmetro do eixo no qual ele será montado.

Os problemas de montagem geralmente ocorrem porque o montador não tem as ferramentas adequadas. Nestes casos, os procedimentos mais comuns são:

- Forçar o rolamento sobre o eixo;
- Aquecer o rolamento.

O procedimento de forçar o rolamento sobre o eixo é conhecido como *montagem a frio* e pode ser feito por meio de impacto ou de prensagem. Como as ferramentas são caras, às vezes, o montador bate com o martelo diretamente sobre os anéis do rolamento, empenando-o. Veja figura a seguir.

### Figura 26 – Modo errado de montar o rolamento



Fonte: SKF

A *montagem por impacto* utiliza um martelo e uma ferramenta tubular encaixada nos anéis do rolamento, como mostra a próxima ilustração.

### Figura 27 – Modo correto de montar o rolamento



Fonte: SKF

Outra maneira de realizar esse procedimento é com o uso de uma prensa mecânica ou hidráulica, que empurra o rolamento até a posição adequada.

Atualmente, os fabricantes recomendam a utilização de um aquecedor de indução para dilatar os anéis do rolamento. Considerando, ainda, o custo deste equipamento, alguns montadores aplicam a chama de um maçarico diretamente sobre o rolamento, o que pode causar o derretimento da graxa dos modelos fechados, o empenamento dos anéis, com prejuízo à resistência do material.

**Figura 28 – Exemplo de aquecimento incorreto**



Fonte: SKF



### Fique ligado!

Como o motor elétrico é o elemento que precisa vencer as forças de atrito para girar o eixo do ventilador, um rolamento com dificuldade de girar aumentará o consumo de energia elétrica.



### Atenção!

Tanto a falta de lubrificação adequada quanto outros problemas são detectados por meio da comparação do rolamento defeituoso com as fotos do catálogo do fabricante, nas quais são identificadas as esferas, as pistas e os anéis danificados e as possíveis causas do defeito. Se a causa não for corrigida haverá a repetição do defeito na peça nova.

## Buchas

As buchas são usadas em ventiladores pequenos, em que é difícil instalar um rolamento, além de dispendioso. Muitas vezes são encontradas junto ao motor elétrico. Apresentam algumas vantagens, como maior resistência a choques e à poeira e sua função é desgastar *antes* do eixo, porque seu material é mais macio que o do eixo.

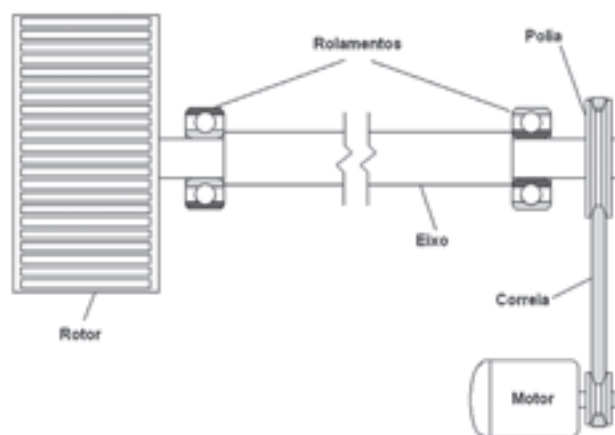
A substituição das buchas devem ocorrer quando são ouvidos sons agudos estranhos ao funcionamento do ventilador. Nesta condição, a bucha apresenta problemas de lubrificação. Em alguns casos, o custo de sua substituição pode ser maior que o preço de um ventilador novo.

## Polias e correias

Quando se fala em ventilador, a primeira imagem que vem à cabeça é a do ventilador doméstico, no qual as pás das hélices estão conectadas diretamente ao motor elétrico.

Mas, quando se trata de ventiladores de grandes sistemas de ventilação como os de uma indústria, a transmissão do movimento se dá por meio de um acoplamento composto por polias e correias. Isto pode ser observado na ilustração a seguir.

**Figura 29 – Exemplo de um esquema de montagem de um sistema de ventilação**



As correias podem ter diversos formatos dependendo do local em que são aplicadas. Elas são formadas por uma série de cordões bem finos, cobertos por uma borracha sintética.

No caso da ventilação, a correia utilizada é conhecida como *em V* devido ao seu formato, o que pode ser visto na figura a seguir.

**Figura 30 – Perfil da correia em V**



A polia é feita de metal e tem um formato que permite o encaixe da correia. Verifique a seguir:

**Figura 31 – Exemplo de encaixe entre a polia e a correia**

As laterais da correia precisam se encaixar perfeitamente na polia



A correia não pode encostar no fundo da polia



### Fique ligado!

Condições de trabalho diferentes das especificadas para o conjunto de polias e correias podem aumentar o consumo de energia elétrica.

### Alinhamento de polias e correias

Uma das condições que pode fazer aumentar o consumo de energia é o alinhamento do conjunto polias e correias, pois se a correia não estiver perfeitamente encaixada no canal da polia, ela apresentará uma deformação. Esta deformação



terá como resultado o aparecimento de uma força que não foi prevista no eixo e que vai aumentar o consumo de energia do motor elétrico devido ao esforço adicional.

Para evitar este problema, de tempos em tempos, é necessário verificar o desgaste da correia e o alinhamento das polias, utilizando um procedimento simples, que é o de colocar uma régua de maneira a ter quatro pontos de contato, conforme a figura a seguir.

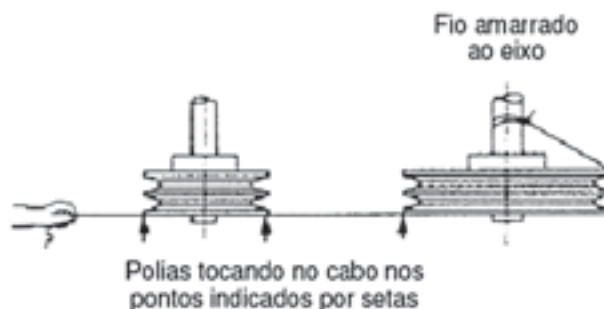
**Figura 32 – Alinhamento das polias com régua**



Fonte: Goodyear

Outra maneira de verificar o paralelismo e o alinhamento das polias, é usando um fio, como mostra a figura a seguir.

**Figura 33 – Alinhamento de polia com cabo**

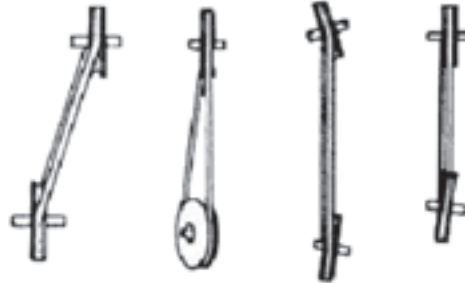


Fonte: Torin. Manual de instalação, operação e manutenção de ventiladores. p. 5

Como o ventilador geralmente é bem grande, esse procedimento é realizado por meio do posicionamento do motor elétrico até o alinhamento da polia menor.

A próxima figura ilustra quatro tipos possíveis de desalinhamentos a serem evitados.

**Figura 34 – Desalinhamento entre polias que devem ser evitados**



Fonte: Torin. Manual de instalação, operação e manutenção de ventiladores. p. 5

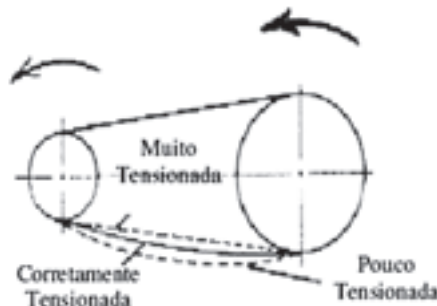
Outro problema típico das polias e correias é o *laceamento* da correia devido ao número de horas de funcionamento, o que faz com que a correia fique bamba, ou seja, com folga excessiva.

Este problema pode ser identificado pelo barulho agudo durante a partida do ventilador, pois a correia não consegue abraçar a polia do motor e escorrega. Outra maneira de identificar o problema é observando o movimento da correia, pois quando existe folga excessiva a correia fica pulando no ar.

A correção deste problema é feita durante o alinhamento da correia por meio de uma referência prática, que pode ser chamada de *teste de aperto*. Este consiste em empurrar a correia no centro, entre as duas polias, a fim de verificar se o deslocamento é do tamanho da altura da correia, algo próximo de 2,5 centímetros.

Para que uma correia funcione adequadamente é necessário, também, que ela esteja corretamente tensionada. A figura a seguir mostra três formas possíveis que uma correia assumirá, dependendo da tensão empregada.

**Figura 35 – Exemplos de correia tensionada**



Fonte: Torin. Manual de instalação, operação e manutenção de ventiladores. p. 6

Correias muito tensionadas ou pouco tensionadas podem causar vibração e barulho excessivo.

Para obter a tensão correta da correia, procede-se da seguinte maneira:

- Com todas as correias corretamente instaladas nos canais das polias, fazer o ajuste da posição do motor para deixar as correias presas e esticadas;
- Ligar o ventilador e observar o formato da correia;
- Continuar ajustando as correias até que elas formem um leve arco, quando estiverem operando em baixa carga.

Quando os ventiladores são muito grandes é necessário utilizar polias com vários canais para a utilização de um número igual de correias, pois cada correia suporta uma determinada carga. É comum, então, encontrar ventiladores movimentados por uma, duas ou três correias.

Pode acontecer de uma única correia destes conjuntos apresentar problemas e precisar ser substituída. Isto causa outro problema de ordem financeira, pois quem faz a manutenção dos ventiladores pode considerar que é necessário retirar apenas esta correia defeituosa e colocar uma nova ou até mesmo deixar um canal sem correia, aumentando o esforço nas demais e no motor elétrico.

No caso de uma correia nova entre outras correias velhas, haverá a diferença do laceamento entre as correias, causando o desgaste prematuro da nova, devido ao esforço adicional ou ao escorregamento das demais. Neste caso, deve-se substituir todas as correias antigas por correias novas, refazer o alinhamento e o teste de aperto.

### **Substituição de correias**

Antes de instalar um novo jogo de correias em V, as polias ranhuradas devem ser cuidadosamente inspecionadas, pois polias gastas reduzem a vida útil das correias.

Se o canal da polia estiver gasto, a correia se assentará na base, no fundo desse canal. Se, por outro lado, as paredes laterais dos canais das polias estiverem gastas, os cantos inferiores da correia sofrerão desgaste exagerado e diminuirão a vida útil desse componente.

Deve-se verificar, também, se as polias estão limpas e livres de óleo, graxa, tinta ou qualquer outro tipo de sujeira.

No ato da instalação, a correia não deverá ser forçada contra a polia com nenhum tipo de ferramenta, pois isso poderá causar o rompimento do revestimento ou dos cordões de reforço. O procedimento correto é aproximar a polia móvel da polia fixa, de modo que a correia possa ser montada sem força e sem auxílio de qualquer tipo de ferramenta.

Depois de montada, a correia deverá ser corretamente tensionada como já foi explicado anteriormente.

### **Manutenção de correias**

As correias devem ser constantemente inspecionadas, pois são componentes muito importantes para o bom funcionamento dos ventiladores em sistemas de ventilação.

Sujeira, rachaduras, ruídos e vibrações, e funcionamento em altas temperaturas são condições que devem ser monitoradas e corrigidas. O estado da correia deve ser avaliado e ela deverá ser substituída, se esse for o caso.

A sujeira pode ser causada por exposição a atmosferas com óleo e partículas em suspensão, vazamentos de líquidos, excesso de lubrificantes sobre os rolamentos, por exemplo. Esses problemas devem ser sanados, pois a sujeira, de modo geral, estraga as correias e entra pelos canais das polias, prejudicando a transmissão.

As rachaduras são causadas por altas temperaturas de operação, polias de pequeno diâmetro, aquecimento das correias devido ao escorregamento e por poeira. Como as rachaduras reduzem a tensão e a eficiência da operação da correia, as causas devem ser identificadas e corrigidas.

As vibrações e os ruídos têm diversas causas. Por exemplo, a vibração pode ser causada pelo tensionamento errado. Esta também pode ser a causa de um ruído agudo e constante que ocorre quando o motor está acelerando ou quando está operando à plena carga ou próximo dela. O ruído acontece porque a correia está derrapando por deficiência no tensionamento. Isso deve ser corrigido, conforme já foi explicado neste capítulo.

A sujeira também contribui para o aparecimento de um rangido ou chiado intermitente. A limpeza e um realinhamento das polias podem ajudar a sanar o problema.

## Relação entre polias e correias

Quando a hélice de um ventilador funciona com o mesmo eixo do motor, dizemos que esse é um *acoplamento direto*. Por diversas razões, que vão desde a necessidade de espaço até de aumento de torque do motor, esse arranjo construtivo é mais adequado para as instalações comerciais e industriais.

Como esse problema é resolvido? Utilizando os acoplamentos formados por polias e correias.

Para entender o funcionamento do conjunto de polias e correias, vamos fazer uma comparação com uma bicicleta comum, que possui pedais, coroa e catraca. Quando alguém anda de bicicleta, empurra os pedais com os pés e impõe um movimento giratório na coroa, que puxa a corrente por meio dos dentes. A corrente puxa a catraca e transfere a força para a roda que movimenta a bicicleta.

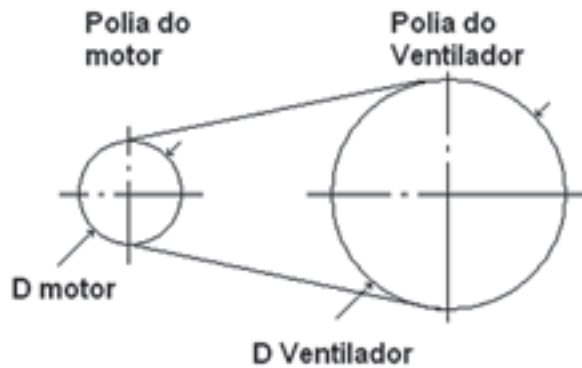
Este conjunto é construído desta maneira para que a pessoa pedale poucas vezes, pois uma volta da coroa corresponde a várias voltas na catraca. Outro detalhe é que a força aplicada pelos pés do ciclista é menor porque a coroa é maior do que a catraca. Se a coroa tivesse o mesmo tamanho que a catraca, o esforço do ciclista seria maior.

Em ventilação, a polia do ventilador seria a coroa, a polia do motor seria a catraca e a correia seria a corrente. Na bicicleta a força entra na coroa, que tem o tamanho grande, e sai na catraca. Mas, em ventilação, ocorre o contrário, pois a força entra pela polia do motor, que tem tamanho pequeno, e sai pela polia do ventilador, que tem o tamanho grande. Mas, por que o sentido da força é inverso ao da bicicleta?

Para ilustrar esta situação, vamos utilizar o exemplo das marchas das bicicletas tipo *mountain bike*, em que existem diversas posições que deixam a “pedalada” mais leve ou mais pesada. Quando estamos guiando a bicicleta e encontramos uma subida, mudamos a marcha para que a coroa fique *menor* e a catraca *maior*. Percebemos isso porque começamos a pedalar mais rápido do que antes, já que a bicicleta fica mais leve. Percebemos, também, que a velocidade da bicicleta diminui.

Quando o tamanho da catraca da roda traseira da bicicleta é aumentado, cresce também a sua alavanca, sendo necessária uma força menor nos pedais. Em ventilação, uma força menor será aplicada pelo motor a fim de fazer girar um grande ventilador.

**Figura 36 – Arranjo entre polias e correias**



Como a polia do motor é menor do que a polia do ventilador, ela gira mais vezes do que a do ventilador. Isto fará com que a polia do motor tenha que dar mais voltas para que a polia do ventilador dê uma volta. Com isso, a velocidade do ventilador cai, mas seu torque é aumentado. Do ponto de vista da conservação de energia, isso é bom, porque o motor não precisa fazer tanta força.



### Fique ligado!

O número de voltas do ventilador é importante porque define a vazão e a pressão de trabalho, pois se o número de voltas por minuto for aumentado, a vazão também será ampliada.

Como a pressão e a vazão aumentam, cresce também o consumo de energia elétrica, porque o ventilador está deslocando uma quantidade maior de ar.

## Vibração excessiva causada por componentes mecânicos

A vibração maior do que o normal reduz a vida útil do ventilador. Se ela for excessiva, suas causas precisam ser investigadas.

As causas das vibrações excessivas dos ventiladores podem ser:

- desbalanceamento causado por sujeira;
- parafusos de fixação da carcaça, dos mancais ou do motor, soltos;
- desalinhamento do eixo do motor;
- travas dos rolamentos sem aperto adequado;
- parafusos de fixação do cubo do rotor sem aperto adequado;
- rotor do ventilador, eixo do motor e rolamentos danificados por algum tipo de acidente;
- falta de espaço suficiente entre o rotor do ventilador e o cone de entrada.

Pode-se fazer um teste prático para detectar a vibração dos rolamentos, colocando um bastão de madeira ou a ponta de uma chave de fenda o mais próximo possível do rolamento, colocando o ouvido na outra extremidade.

Se o ruído ouvido for regular e uniforme, o rolamento está bom. Um ruído uniforme, mas, metálico, indica falta de lubrificação.

Ruídos irregulares diferentes dos já mencionados indicam que o rolamento tem defeito e deve ser substituído.

Considerando a conservação de energia, além dos componentes mecânicos, o profissional de manutenção também deverá ficar atento aos filtros do sistema. Isto será estudado a seguir.

## Filtros

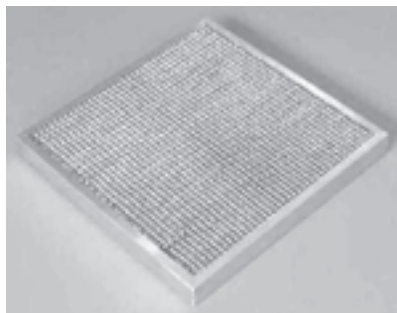
Um sistema de ventilação movimentam grandes volumes de ar, que transportam considerável carga de poluentes de toda natureza, tanto provenientes do exterior quanto gerados no próprio ambiente pelos ocupantes, equipamentos, mobiliários.

O sistema de ventilação comercial usa normalmente dois recursos para controlar a concentração dos poluentes no ambiente:

- Filtros de ar para reter mecanicamente as partículas de matéria poluidora trazidas pelo ar de renovação e pelo ar recirculado do ambiente;
- Renovação do ar ambiente para diminuir a carga sobre os filtros e reduzir a concentração dos poluentes que não podem ser retidos nos filtros convencionais (odores, vapores, matéria particulada submicrônica). O projeto do sistema determina a eficiência da filtração instalada e a taxa de renovação adotada.

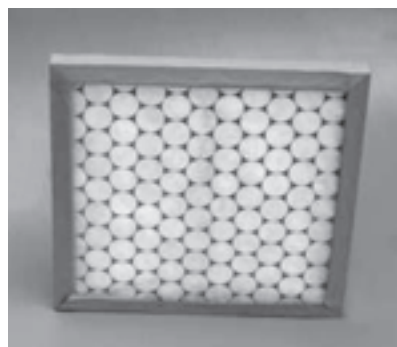
O uso de filtros está vinculado à qualidade do ar captado pelo sistema de ventilação para a renovação do ar dos ambientes ventilados. Eles devem ser usados de acordo com as instruções dos fabricantes, para que não haja o risco de que o fluxo de ar arraste para os ambientes os poluentes acumulados nos filtros. As ilustrações a seguir exemplificam tipos de filtros comumente usados em sistemas de ventilação comercial.

**Figura 37 – Filtro metálico lavável tipo colméia**



Fonte: Difusar

**Figura 38 – Filtro descartável tipo plano**



Fonte: Difusar



A existência de filtros não garante a limpeza do sistema e a boa qualidade do ar. A não ser no caso dos filtros de alta eficiência, raramente utilizados em instalações comerciais, os filtros comumente usados, mesmo os mais eficientes, deixam passar grande parte dos poluentes particulados carregados pelo ar.

Cabe à equipe de manutenção manter os filtros corretamente instalados e proceder à sua substituição ou limpeza sempre que necessário. O melhor indicador do grau de concentração de sujeira de um filtro e, portanto, de necessidade de sua substituição, é a perda de carga do ar medida por manômetro diferencial. A aparência de filtro sujo não é indicação confiável do grau de concentração de partículas no filtro.

Em situações normais, os filtros devem ser limpos ou substituídos a cada 2 ou 3 meses.

Deve-se, também, verificar as condições internas dos dutos e proceder a sua limpeza completa. Quando não há possibilidade de acesso ao duto pelo lado externo, são usados sistemas robotizados de inspeção e limpeza atualmente disponíveis no mercado. Este procedimento é particularmente importante em instalações antigas que operam durante muitos anos com filtros precários e acumularam nos dutos grandes quantidades de poluentes.

A determinação da frequência das limpezas e verificações é de responsabilidade da equipe de manutenção. Quanto menor for a eficácia da filtragem, menor deverá ser o intervalo entre as limpezas e/ou substituição dos elementos filtrantes.

## **Componentes elétricos do sistema de ventilação**

### **Motor elétrico – manutenção**

Ao longo deste material, o motor elétrico foi citado várias vezes como sendo o elemento que transmite a potência mecânica às pás do ventilador. Trata-se de uma máquina que transforma energia elétrica em energia mecânica. Veja a seguir um exemplo de motor elétrico.

**Figura 39 – Exemplo de motor elétrico usado em sistemas de ventilação**

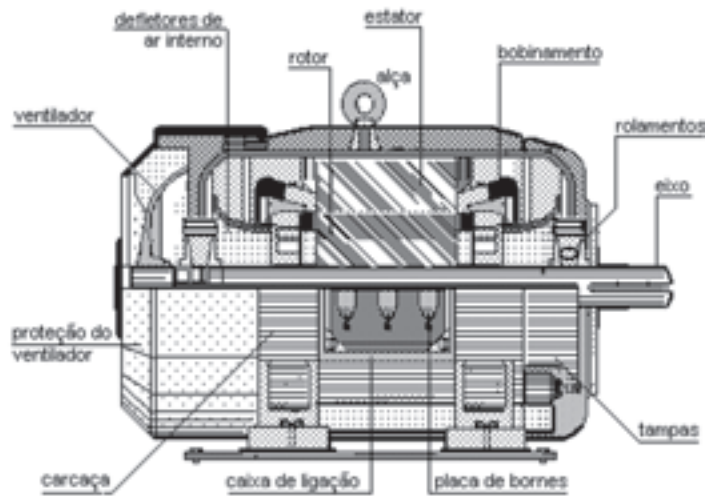


Fonte: Weg

O motor é composto basicamente por estator e rotor. O rotor é a parte móvel do motor elétrico. É no seu eixo que é encaixada a polia motora, aquela que você já estudou neste capítulo. O estator é a parte fixa do motor elétrico.

Veja, a seguir, um motor em corte com as partes que o compõem.

**Figura 40 – Motor elétrico com suas partes componentes identificadas**



Fonte: Weg

A manutenção dos motores elétricos resume-se a inspeções periódicas para avaliar:

- os níveis de isolamento, verificando se o aterramento continua a atender as exigências da norma específica;
- elevação de temperatura, analisando se o motor está funcionando dentro dos limites de temperatura indicados pelo fabricante;

- desgastes excessivos, verificando as condições de rolamentos e mancais;
- lubrificação dos rolamentos e mancais;
- condições dos condutores da alimentação elétrica do motor – o aquecimento indica sobrecarga do motor.



## Atenção!

Desenergize o motor para inspeção, que deverá ser realizada por um eletricista.

A frequência das inspeções depende do plano de manutenção que é elaborado em função, entre outras situações, do tipo de motor e das condições do local onde o motor está instalado.

Para garantir o perfeito funcionamento do motor elétrico, é necessário, além das inspeções mecânicas, realizar medições das grandezas elétricas inerentes ao funcionamento de qualquer máquina elétrica. Este assunto é apresentado a seguir.

## Grandezas elétricas

Do ponto de vista da manutenção elétrica, o que interessa para quem é responsável pela manutenção de sistemas de ventilação, são as grandezas elétricas que podem ser medidas e comparadas com as informações contidas nas placas de identificação dos motores. Elas indicarão se o motor está funcionando dentro dos parâmetros estabelecidos por seu fabricante. Se o restante do conjunto também estiver fornecendo a pressão e a vazão corretas, o conjunto não apresenta problemas e, conseqüentemente, tem seu consumo de energia dentro dos limites estabelecidos.

Existem algumas grandezas que utilizamos para assegurar que a energia elétrica consumida está dentro das condições previstas.

No caso do motor elétrico, elas são:

- Tensão – é o valor da diferença de potencial que alimenta o motor. É dada em volts, cujo símbolo é o V;
- Corrente – é o fluxo de elétrons que circula por um condutor. É dada em am-pères, cujo símbolo é A;
- Potência – é o valor que representa o trabalho realizado por um determinado equipamento. É dada em Watts, cujo símbolo é o W.

### Instrumentos de medição de grandezas elétricas

As grandezas que vimos anteriormente são muito importantes porque as suas medidas definem o consumo de energia elétrica.

Voltemos `a indústria. Depois de localizar e identificar todos os tipos de ventiladores que existem no sistema, o estagiário João recebeu a incumbência de verificar se os motores elétricos dos ventiladores estavam funcionando de acordo com seus dados de placa.

À medida que João anotava os dados de placa, aproveitava para fazer as medições que indicariam se o motor está funcionando dentro das condições previstas. Que medições são essas e o que ele usará para realizá-las?

Para João, apenas dois instrumentos são necessários:

- Um multímetro, com o qual ele mede a tensão presente nos pólos elétricos do motor.

### Figura 41 – Multímetro digital



Fonte: Aka

- Um alicate amperímetro para medir a corrente elétrica.

**Figura 42 – Alicate amperímetro**



## Condutores

Um condutor elétrico é composto por uma parte central de cobre e um revestimento isolante. Quando esta parte central é formada por um único elemento condutor, é chamada de fio. Quando for composta por vários fios, é chamada de cabo. Nos sistemas de ventilação, a parte central do condutor responsável pelo transporte da energia elétrica é de cobre.

**Figura 43 – Cabos utilizados em interligações elétricas dos motores dos ventiladores**



Fonte: [www.impec.com.br](http://www.impec.com.br)

A aparência do condutor é um bom auxiliar na avaliação de seu estado de conservação. Quando o condutor é novo, o cobre possui uma cor avermelhada clara, quase rosa, e depois de um tempo é normal que o cobre escureça um pouco. Se escurecer demais ou mudar de cor, indica que ocorreu um *sobreaquecimento*.

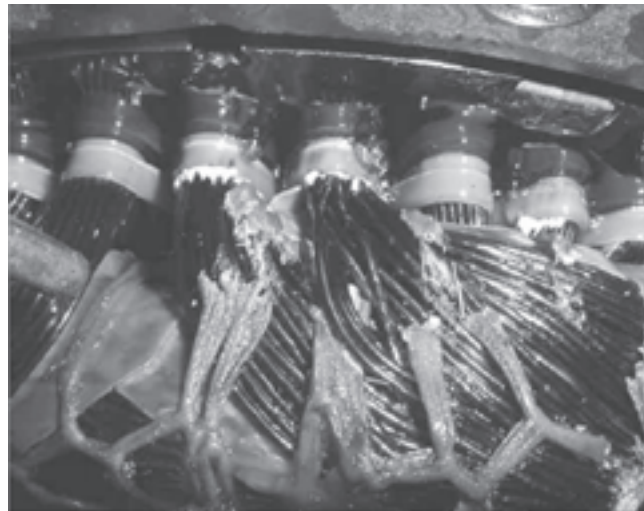
Um exemplo de como a energia pode aquecer um condutor é encontrado em chuveiro elétrico residencial.



## Fique ligado!

Do ponto de vista do consumo de energia, o sobreaquecimento causa desperdício, pois uma parte da energia elétrica se transforma em calor não aproveitado.

**Figura 44 – Fios esmaltados de um motor escurecido devido ao sobreaquecimento**



Fonte: Bitzer

Quando ocorre o sobreaquecimento, o isolante dos condutores deteriora, expondo os fios energizados. O condutor que perdeu o isolamento é chamado de *fio desencapado*. Quando dois fios *desencapados*, com potenciais elétricos diferentes, se encontram, ocorre o curto-circuito.

O efeito dos *curtos-circuitos* depende dos valores das grandezas elétricas envolvidas, mas geralmente é acompanhado de barulhos de explosão, de sons parecidos com aqueles da solda elétrica, de carbonização e derretimento das partes que se encontraram e também que provocam cheiro de material queimado.

Os componentes que passaram por *curtos-circuitos* devem ser substituídos, uma vez que causam prejuízos à instalação.



## Fique ligado!

Os curtos-circuitos aumentam o consumo de energia elétrica, pois durante este processo ocorre o aquecimento desnecessário dos condutores.

### Conexões elétricas

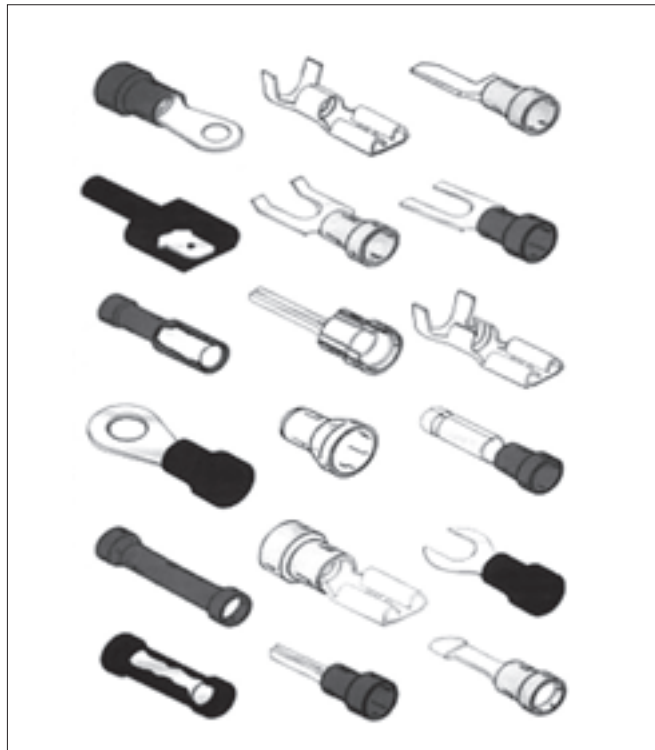
As conexões são os meios de interligação elétrica entre os componentes de um circuito realizadas por condutores. São primordiais ao bom funcionamento de qualquer equipamento ligado à rede elétrica e a sua qualidade implica diretamente na vida útil do mesmo. Quando estas conexões são imperfeitas, o funcionamento do circuito poderá apresentar defeito.

As conexões podem ocorrer diretamente entre o condutor e o conector do componente. O procedimento correto para fixar o conector é:

- Retirar uma quantidade suficiente do isolamento da ponta do condutor;
- Encaixar na cavidade do conector;
- Depois apertar o parafuso até que o condutor esteja bem fixo.

Este procedimento é mais recomendado para condutores elétricos do tipo fio. Não pode sobrar condutor sem isolamento para fora do conector e também não pode ser apertado o isolamento pelo parafuso.

Para os cabos elétricos recomenda-se utilizar terminal e emenda adequados à seção do condutor. O termo seção representa a área transversal do condutor, e os valores mais conhecidos são: 1,5 mm<sup>2</sup>; 2,5 mm<sup>2</sup>; 4 mm<sup>2</sup>, 6 mm<sup>2</sup>, 10 mm<sup>2</sup> etc.

**Figura 45 – Terminais e emendas para conexão elétrica**

Fonte: [www.crimper.com.br](http://www.crimper.com.br)

O procedimento para fixar o terminal é parecido com o do conector:

- Retirar uma quantidade suficiente de isolamento da ponta do condutor;
- Enrolar as pontas dos fios que formam o cabo, de maneira a juntá-los;
- Encaixar na cavidade do terminal;
- Verificar se todos os fios estão dentro da cavidade, caso não estiverem perfeitamente encaixados dentro do terminal refazer a enrolação ou substituir o terminal por outro mais adequado;
- Prensar (*crimpar*) o terminal, ou seja, apertar o terminal com alicate apropriado;
- Encaixar na cavidade do conector;
- Depois apertar com o parafuso até que o conector esteja bem fixado.



**Figura 46 – Ferramentas específicas para *crimpar* terminais**



Fonte: [www.crimper.com.br](http://www.crimper.com.br)



### **Atenção!**

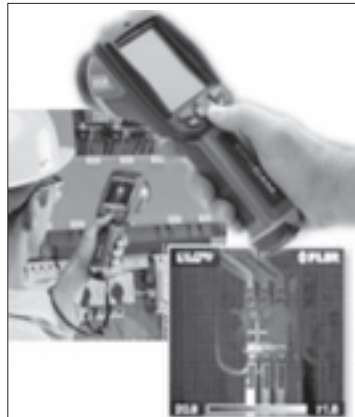
Quando as conexões são mal feitas ocorre sobreaquecimento, carbonização e derretimento das pontas e terminais dos fios e cabos. Também podem ser identificadas pela intermitência anormal no funcionamento dos equipamentos, conhecido como *problema de mau contato*.

## Técnicas de identificação dos problemas de superaquecimento

Uma técnica utilizada atualmente para identificar os problemas de superaquecimento é a *termografia*, que consiste em utilizar instrumentos que detectam a temperatura com o uso do espectro infravermelho.

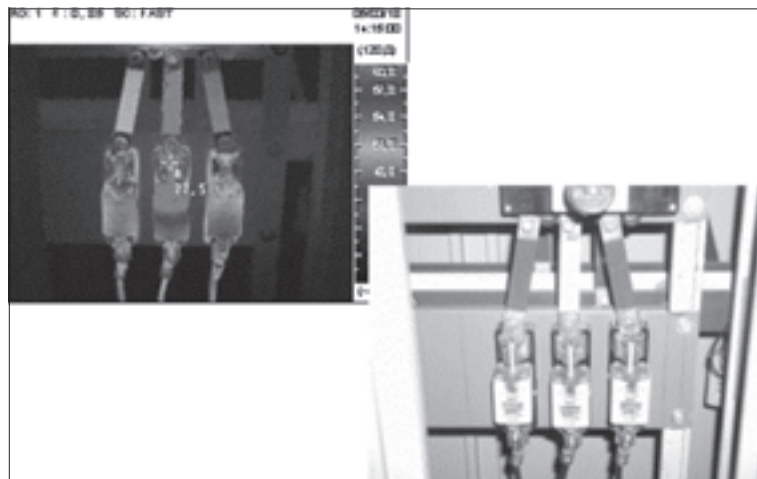
Os profissionais de termografia fazem a inspeção dos quadros elétricos e depois elaboram um relatório apontando o local com problema, anexando a foto que evidencia esse problema.

**Figura 47 – Utilização de um instrumento de termografia**



Fonte: Flir

**Figura 48 – Foto termográfica**

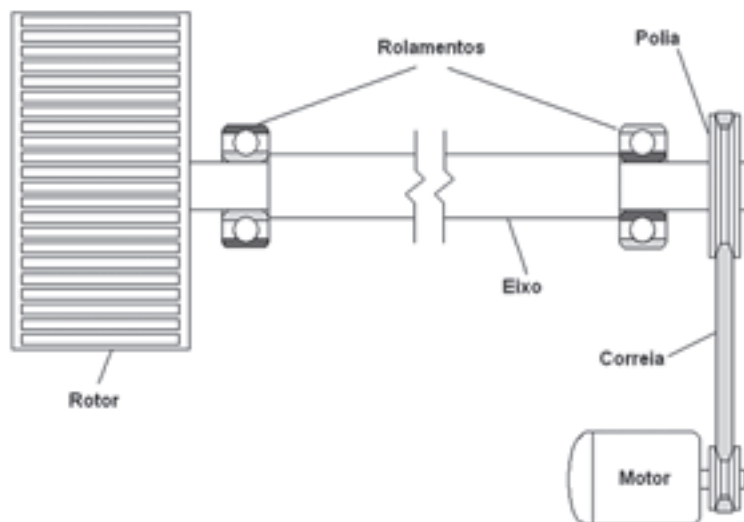


Fonte: [www.mjsservice.com.br](http://www.mjsservice.com.br)

## Impacto das avarias mecânicas na potência elétrica

A montagem de um ventilador tem uma estrutura muito parecida com a da figura a seguir.

**Figura 49 – Montagem típica de um ventilador**



A potência de acionamento sai do motor, passa pela polia motora, pela correia, pela polia movida, pelo eixo, para então chegar até o rotor do ventilador. Nesse caminho ocorrem perdas entre as polias e as correias e entre o eixo e os rolamentos.

Estas perdas são representadas por valores numéricos chamados de *rendimento*, cujo símbolo é o  $\eta$ . Antunes e Freire apresentam alguns valores típicos para os rendimentos (1998, p.81), mostrados no quadro 1, a seguir.

**Quadro 1 – Valores de rendimento típicos**

Descrição	Faixas de valor $\eta$
Transmissão por correias	0,96 a 0,98
Mancais de deslizamento (par)	0,96 a 0,98
Mancais de rolamentos (par)	0,98 a 0,99

Isto significa que a potência elétrica de acionamento do motor é a potência de eixo do ventilador acrescida das perdas dos elementos por onde a energia irá passar. A representação matemática é:

$$P \text{ (watts)} = \frac{P_{\text{eixo}}}{h_{\text{mancais}} \times h_{\text{correias}}}$$

Pela fórmula acima podemos ver que o rendimento dos componentes mecânicos implica *inversamente* no valor da potência elétrica, pois se os seus valores *diminuírem* além do previsto, ocorrerá o *aumento* da potência com o conseqüente aumento do consumo da energia elétrica.

Considerando uma potência necessária de 10 Watts para circular o ar, em uma montagem igual à da última figura e com valor médio de rendimento, teremos:

$$P \text{ (watts)} = \frac{10 \text{ W}}{0,985 \times 0,97} =$$

$$P = 10,46 \text{ watts}$$

Vamos supor que o par de rolamentos esteja com problemas de lubrificação, o que causará a diminuição do rendimento ( $\eta$ ). Como o serviço de manutenção não resolveu esse problema, o rendimento dos rolamentos caiu para 0,90 e o motor necessitará de maior potência para realizar o mesmo trabalho. Isso pode ser provado matematicamente:

$$P \text{ (watts)} = \frac{10 \text{ W}}{0,90 \times 0,97} =$$

$$P = 11,45 \text{ watts}$$

O aumento de consumo, nessas condições, é da ordem de aproximadamente 11%. Se considerarmos que um sistema de ventilação tem vários motores, é possível imaginar o impacto do custo desse aumento nas contas de fornecimento de energia elétrica de um consumidor comercial.

## Manutenção preventiva

Como foi visto até aqui, a manutenção é muito importante para manter o sistema de ventilação funcionando em níveis de consumo de energia os mais eficientes possíveis. Elaborar um plano de manutenção preventiva é uma boa estratégia para atingir essa meta.

Basicamente, esse plano deverá atender às seguintes necessidades:

- intervalo de lubrificação: de acordo com informações da placa de identificação do ventilador;
- medição do nível de vibração: a cada 500 horas de funcionamento;
- limpeza:
  - mensal para ambientes sem excesso de poeira ou outros poluentes/contaminantes;
  - semanal em ambientes com presença de condições agressivas de poluentes.
- inspeção de corrosão: a cada seis meses.

## Voltando ao desafio

Os componentes da parte mecânica (os rolamentos, as buchas, as polias e as correias) causam o aumento do consumo de energia devido ao atrito e ao esforço excessivo ao qual o motor é submetido, quando esses componentes não apresentam bom estado de conservação.

## Resumindo

Neste capítulo, você estudou que o aumento do consumo de energia elétrica pode ocorrer nos elementos mecânicos que permitem a transmissão de movimento, devido às condições de trabalho diferentes daquelas previstas no projeto do equipamento.

Estudou que os mancais são usados para posicionar o eixo e permitir o giro do ventilador, mas que ocorre o desgaste entre as partes fixa e móvel e que, para

minimizar este efeito, utiliza-se o rolamento ou a bucha, os quais devem estar sempre lubrificados a fim de manter o atrito baixo. Aprendeu, também, que a montagem incorreta pode aumentar o consumo de energia elétrica devido ao esforço adicional, pois tudo aquilo que não se tornar movimento é uma perda de potência.

Conheceu uma série de informações sobre o acoplamento por polias e correias, o que permite transferir o movimento e a potência do motor ao ventilador, diminuindo o esforço deste último. Viu que uma alteração no número de voltas da polia do ventilador causa um aumento de vazão e de potência, que implicará no aumento do consumo de energia elétrica. Outros problemas de alinhamento e de esticamento da correia também implicarão neste aumento.

Outras informações deste capítulo estão relacionadas às inspeções dos motores elétricos e o que se deve fazer, periodicamente, nas intervenções de manutenção preventiva.

## **Aprenda mais**

Consulte as revistas da área (*ABRAVA, Refrigeração e Climatização, Oficina do Frio*), livros sobre elementos de máquinas e motores elétricos, além de catálogos de fabricantes para encontrar mais informações sobre equipamentos de ventilação.



## Capítulo 3

---

# OTIMIZAÇÃO DE SISTEMAS DE VENTILAÇÃO

### Iniciando nossa conversa

Nos capítulos anteriores, você estudou os ventiladores usados nos sistemas de ventilação comercial e industrial. Nesse contexto, foi mostrado como é importante implementar e manter um bom plano de manutenção a fim de que o sistema funcione dentro dos parâmetros estabelecidos pelo projeto do sistema. Essa é uma das estratégias disponíveis para que o consumo de energia permaneça dentro de padrões aceitáveis.

Mas, estudando este capítulo, você vai perceber que há ainda espaço para aumentar a eficiência energética de sistemas já implantados, principalmente aqueles mais antigos que não foram projetados em tempos de restrição de consumo de energia, quando ninguém tinha consciência dos danos que o desperdício de energia causa ao nosso Planeta.

Para começar a otimizar o consumo de energia elétrica de uma instalação de ventilação, é necessário procurar identificar situações em que os ventiladores funcionam fora das condições previstas no projeto.

Um projeto de sistema de ventilação prevê as condições necessárias de pressão e vazão, para que o deslocamento do ar proporcione o resultado desejado no ambiente, ou seja, a retirada dos odores, das partículas ou do calor.

Numa instalação sem projeto, não se pode afirmar que a ventilação é capaz de atender às necessidades do ambiente, pois não existem dados sobre os parâmetros que definem estas necessidades. Sem dados para comparação, não é possível avaliar se o sistema é eficaz ou não, já que, para que uma coisa seja considerada boa, precisa ser comparada à outra. Nesta situação, o profissional precisa definir quais serão os parâmetros de comparação.



Assim, neste capítulo você vai conhecer qual a estratégia a ser usada quando não há uma documentação do projeto de um sistema de ventilação. Vai conhecer, também, alguns equipamentos que, quando inseridos no sistema de ventilação, levam à otimização do consumo de energia.

## Objetivo

Ao estudar este capítulo, você terá como objetivo identificar diferentes maneiras de otimizar o consumo de energia elétrica em sistemas de ventilação.

## Um desafio para você

Depois de corrigir todos os problemas mecânicos e elétricos dos ventiladores da indústria farmacêutica *Ipiranga*, Eric iniciou a fase de otimização do consumo de energia com a instalação de equipamentos auxiliares.

Após a leitura deste capítulo, responda: o que Eric pode utilizar para otimizar o consumo de energia do sistema de ventilação da planta industrial onde trabalha?

## Continuando nossa conversa

### Balanceamento do sistema

A primeira providência para reduzir o consumo de energia elétrica é a adequação do sistema atual ao projeto, ajustando-se as pressões e vazões em cada ramal de dutos ao que o projeto indicou inicialmente.

Se o sistema foi alterado ao longo do tempo ou se foi instalado sem nenhum projeto, a primeira providência é utilizar uma estratégia chamada *as-built*, que, em português, significa *como foi construído*.

O trabalho de levantamento *as built* retrata, fielmente, a situação da instalação e todas as possíveis incoerências existentes no sistema, criando um ponto de partida para rastreamento e solução de inúmeros problemas.

Esse levantamento é o registro das condições atuais da instalação e contém todas as informações dos ambientes atendidos pela ventilação, tais como:

- os dutos principais;
- as ramificações existentes;
- as grelhas e difusores que direcionam o ar dentro do ambiente;
- os ventiladores;
- os motores;
- o modo de transmissão de movimento do motor para os ventiladores.

Isso fornece uma visão de todos os componentes do sistema de ventilação atual. De posse destas informações, é realizada a comparação entre as condições da rede de dutos e as condições dos ventiladores. Isso ajuda a identificar onde estão os problemas e quais são as correções a serem implementadas.

Além do correto dimensionamento dos componentes do sistema, essas informações podem indicar a necessidade de utilização de equipamentos que auxiliam a otimizar o consumo de energia. Por exemplo: *timers*, guias de entrada e inversor de frequência.

## **Componentes para controle do sistema de ventilação**

### ***Timers***

Uma maneira fácil e eficaz de reduzir o consumo de energia elétrica dos ventiladores é fazer com que eles funcionem apenas durante o tempo necessário. Para isto, a maneira mais prática é utilizar os equipamentos conhecidos como *timers*, que são relógios com contatos elétricos que ligam e desligam nos horários programados.

Veja um desses equipamentos ilustrado na figura a seguir.

**Figura 50 – Timer digital**



Fonte: Coel

### **Guias de entrada – *Vanes***

As guias de entrada, também chamadas de *vanes*, são instaladas no bocal de entrada do ventilador a fim de diminuir a entrada do ar no rotor do aparelho. Isso diminui a quantidade de ar a ser movimentado pelo rotor, o que causa a redução da potência requerida no motor elétrico.

Se o ventilador funcionar durante um determinado período de tempo, dias ou semanas, com as guias mais fechadas que o normal, será percebida uma redução no consumo de energia elétrica.

Veja um exemplo dessas guias na figura a seguir.

**Figura 51 – Ventilador radial com guias de entrada**



Fonte: Otan Ventiladores

## Inversor de frequência

O inversor de frequência, também conhecido como variador de frequência, é um equipamento que deve ser instalado entre a alimentação de energia elétrica e o motor. Sua função é diminuir a velocidade dos ventiladores, em rotações por minuto (rpm), por meio da frequência de alimentação dos motores.

Quando o motor funciona com a frequência normal da rede elétrica, que é de sessenta ciclos por segundo, 60 Hertz, o rotor do ventilador gira na velocidade máxima.

Quando o inversor diminui a frequência que vai para o motor, o rotor do ventilador gira numa velocidade menor, que diminui o consumo de energia elétrica devido à menor quantidade de ar deslocada. Mas, quando o inversor deve diminuir esta frequência?

Para a ventilação, o inversor é utilizado em associação com um sensor que mede a grandeza que deve ser controlada pela entrada ou saída de ar.

Vejamos um exemplo: na expedição da indústria farmacêutica Ipiranga existe o setor de cargas e descargas de caminhões que é coberto por uma estrutura de telhas e vigas metálicas. No pico de operação ocorrem diversas manobras de caminhões que elevam a concentração do monóxido de carbono produzido pelo escapamento, que a partir de um determinado valor de concentração, causa a asfixia das pessoas.

Para evitar este problema, a indústria instalou um sistema de ventilação que retira este gás e permite a entrada de ar limpo. Numa instalação convencional, o ventilador funciona com velocidade máxima durante todo o tempo, independente do horário de pico de manobras dos caminhões.

Para reduzir o consumo de energia elétrica, pode-se instalar um inversor de frequência na alimentação de cada ventilador. Esse conjunto de inversores está interligado a um ou mais sensores que detectam a variação da concentração de monóxido de carbono, de maneira a diminuir a velocidade do ventilador quando o setor de cargas e descargas estiver com um movimento de caminhões menor.

A figura a seguir mostra modelos de inversores de frequência.

**Figura 52 – Inversores de frequência**



Fonte: Weg

Veja agora um exemplo de sensor de monóxido de carbono que pode ser usado para enviar informações sobre a concentração de monóxido de carbono em um estacionamento.

**Figura 53 – Detetor de monóxido de carbono**



Fonte: Focalsystem



### **Fique ligado!**

Em tempos de aquecimento global e mudanças climáticas causadas pelo uso de energia para movimentar a economia dos países, qualquer esforço a ser feito para otimizar seu consumo, fará uma grande diferença para o futuro da vida em nosso Planeta.

Mesmo que a busca da eficiência energética, por meio da otimização de seu consumo, tenha motivações apenas econômicas, do ponto de vista da competitividade na oferta de produtos e serviços, essa decisão, para qualquer empresa, poderá ser a diferença para manter-se, ou não, no mercado.

## Voltando ao desafio

Eric poderá sugerir a instalação de equipamentos auxiliares que podem ser utilizados para a otimização do consumo de energia dos ventiladores. Eles são: *timers*, guias de entrada no caracol, sensores e inversores de frequência.

## Resumindo

Neste capítulo, você estudou algumas maneiras de otimizar o consumo de energia nos sistemas de ventilação comerciais ou industriais.

Estudou que os *timers* podem ajudar na otimização do consumo, na medida em que desligam os equipamentos durante os períodos em que não estão sendo utilizados.

As guias (ou *vanes*) regulam o fluxo de ar e reduzem a potência necessária para o funcionamento do motor que aciona o ventilador.

Os inversores de frequência associados aos sensores que lhes enviam informações sobre as concentrações de monóxido de carbono em uma garagem, por exemplo, podem fazer variar a velocidade dos ventiladores e diminuí-la em períodos em que essa concentração é menor.

## Aprenda mais

Consulte as revistas da área (ABRAVA, *Refrigeração e Climatização*, *Oficina do Frio*), catálogos de fabricantes de produtos de automação e controle para encontrar mais informações sobre equipamentos que permitem a otimização dos sistemas de ventilação.



## Referências

---

AGOSTINHO, Oswaldo Luiz; RODRIGUES, Antonio Carlos dos Santos; LIRANI, João. **Tolerâncias, ajustes, desvios e análise de dimensões**. São Paulo: Edgard Blucher, 1995.

AIR CONDITIONING AND REFRIGERATION INSTITUTE. **Refrigeration and air conditioning**. New Jersey: Prentice Hall, 1998.

ANTUNES, Izildo. FREIRE, Marcos A. C. **Elementos de máquinas**. São Paulo: Érica, 1998.

BITZER COMPRESSORES LTDA. **Bem vindo ao mundo bitzer**. São Paulo: Bitzer, 2002. CD-ROM.

CARRIER AIR CONDITIONING COMPANY. **Handbook of air conditioning system design**. New York: McGraw-Hill, 1965.

DIFUS-AR INDÚSTRIA BRASILEIRA DE ACESSÓRIOS TÉCNICOS LTDA. **Filtros**. Disponível em: <<http://www.disfuser.com.br>> Acesso em: 28 maio 2007.

FOCAL SYSTEM. **Detectores de monóxido de carbono**. Disponível em: <<http://www.focalsystem.pt>>. Acesso em: 28 maio 2007.

GOODYEAR DO BRASIL PRODUTOS DE BORRACHA LTDA. **Correias de transmissão de potência**: guia de instalação, manutenção e solução de problemas. São Paulo, 1994.



JONES, W. P. **Engenharia de ar condicionado**. Rio de Janeiro: Campos, 1983.

MACINTYRE, Archibald Joseph. **Ventilação industrial e controle da poluição**. Rio de Janeiro: LTC, 1990.

NEPOMUCENO, Lauro Xavier. **Técnicas de manutenção predial**. São Paulo: Edgard Blucher, 1989. v. 1 e v. 2.

OTAN VENTILADORES INDUSTRIAIS LTDA. **Manual de instalação e manutenção**. Disponível em: <<http://www.otan.com.br/port/home.html>>. Acesso em: 22 dez. 2007.

PROVENZA, Francesco. **Projetista de máquinas**. São Paulo: F. Provenza Ed., 1996.

SENAI.SP. Escola SENAI Oscar Rodrigues Alves. **Eletricidade I**. São Paulo, 2005.

\_\_\_\_\_. **Termofluidomecânica I**. São Paulo, 2005.

SILVA, Benedito Remi da. **Ventilação**. São Paulo: Editora Grêmio Politécnico, 1980.

SKF GROUP HEADQUARTERS. **Produtos SKF para manutenção e lubrificação**. Disponível em: <<http://www.mapro.skf.com/mp3000p.htm>>. Acesso em: 07 dez. 2006.

SMACNA. **HVAC systems: testing, adjusting and balancing**. Virginia, 1988.

TORIN. **Manual de instalação, operação e manutenção**. Disponível em: <<http://www.torin.com.br>>. Acesso em: 22 dez. 2007.

VIANA, Augusto Nelson Carvalho. **Ventiladores e exaustores**. Rio de Janeiro: ELETROBRÁS/PROCEL, 2004.

VENTILADORES: algumas considerações sobre rendimento. Disponível em: <[www.mspc.eng.br/fldetc/vent1.asp](http://www.mspc.eng.br/fldetc/vent1.asp)>.

WEG MOTORES. **Motores elétricos**. Santa Catarina, 2002.



Ministério de  
Minas e Energia

