

Boletim de Engenharia

volume 39–1

• informações para projetistas do sistema HVAC da atualidade

Ventiladores tipo plenum de acionamento direto e arranjo de ventiladores

As unidades de tratamento de ar geralmente estão disponíveis com várias opções de tipos e tamanhos de ventiladores. Isso oferece a oportunidade de selecionar um ventilador que otimiza o equilíbrio entre eficiência energética, acústica e custo. Este boletim explorará duas tecnologias de ventiladores que se tornaram cada vez mais populares nos últimos anos: ventiladores de acionamento direto (DDP) e arranjos de ventiladores.

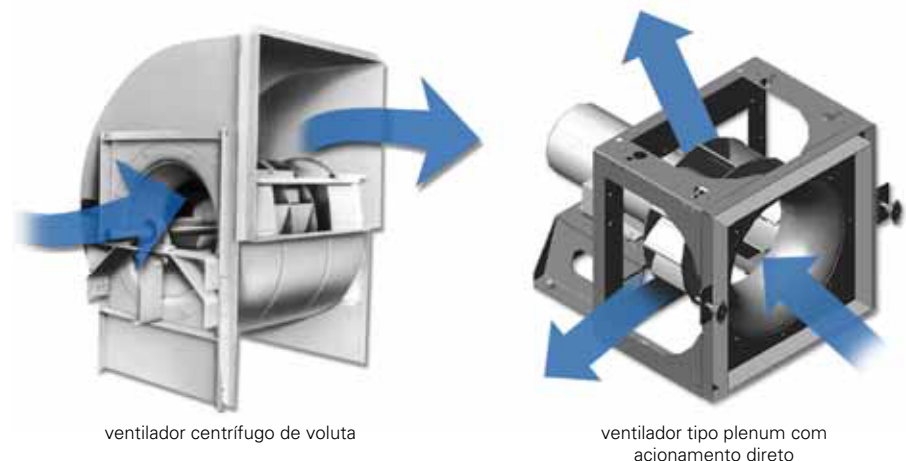
Ventiladores tipo plenum de acionamento direto

Um ventilador centrífugo contém uma voluta, ou caixa coletora, que direciona o ar que sai do ventilador em uma direção (Figura 1). Um ventilador tipo plenum consiste em uma voluta de ventilador centrífugo sem a carcaça ao redor. A voluta do ventilador pressuriza o plenum ao redor, permitindo que o ar seja descarregado em várias direções.

No geral, a maioria dos ventiladores grandes utilizados em sistemas HVAC usavam um kit de acionamento, consistindo em uma ou mais correias e polias relacionadas, para conectar o motor ao eixo do ventilador. No entanto, como os inversores de frequência variável (VFD) se tornaram mais econômicos e confiáveis, os ventiladores de acionamento direto se tornaram mais populares, principalmente com ventiladores tipo plenum.

Com um ventilador de acionamento direto (Figura 1), a voluta do ventilador é montada diretamente no eixo do motor. Sem correias ou roldanas e com menos mancais, os ventiladores de acionamento direto são mais confiáveis e exigem menos manutenção do que os ventiladores com acionamento por correia. Como há menos peças móveis,

Figura 1. Ventilador centrífugo versus ventilador tipo plenum de acionamento direto



ventilador centrífugo de voluta

ventilador tipo plenum com acionamento direto

sem perdas de acionamento relacionadas à correia e menos obstruções de entrada ou saída, os ventiladores tipo plenum de acionamento direto são geralmente mais eficientes, mais silenciosos e experimentam menos vibração do que os ventiladores tipo plenum com acionamento por correia.

Como o motor está alinhado (ou paralelo) com a direção do fluxo de ar através da unidade de tratamento de ar, o motor montado atrás da voluta do ventilador não restringe o fluxo de ar, não se projeta da lateral da unidade nem aumenta a largura da unidade. No entanto, a unidade de tratamento de ar pode precisar ser um pouco mais longa para acomodar o motor montado atrás da voluta do ventilador. (Isto pode ser compensado em parte usando um arranjo de ventiladores, que será discutida posteriormente neste boletim.)

Dependendo da localização do ventilador dentro da unidade de tratamento de ar, um ventilador tipo plenum pode ser mais ou menos eficiente do que um ventilador centrífugo (consulte a Tabela 1).

Exemplo 1: ventilador de sucção descarregando diretamente em uma seção reta do duto.

Um ventilador centrífugo é projetado especificamente para descarregar em uma seção longa e reta do duto que tem aproximadamente o mesmo tamanho da saída do ventilador. Isso minimiza a perda de energia conforme a pressão de velocidade é convertida em pressão estática e a turbulência se dissipa em fluxo laminar. Com essa configuração de descarga, um ventilador centrífugo tipo airfoil (AF) normalmente consome menos energia do que um ventilador tipo plenum.

Como exemplo, considere uma unidade de tratamento de ar VAV típica com um ventilador de alimentação de sucção (tipo draw-thru) que descarrega em uma seção reta do duto. Operando a 13.000 cfm, o ventilador centrífugo AF requer 11,8 cavalos de potência (bhp), em comparação com 14,0 bhp para o ventilador de acionamento por correia e 12,8 bhp para o ventilador de acionamento direto (Tabela 1).

Embora o ventilador centrífugo exija menos energia nessa configuração de descarga, o ventilador tipo plenum geralmente terá níveis de ruído de descarga significativamente menores (Figura 2). Os níveis de ruído reduzidos ocorrem em parte porque a velocidade do ar se dissipa mais rapidamente conforme o ar pressuriza o plenum ao redor do ventilador, e porque o plenum proporciona a possibilidade para que parte do ruído seja absorvido antes que o ar seja descarregado da unidade.

Observação: as Figuras 2 e 3 comparam os níveis de energia de ruído de descarga. No lado da entrada, os ventiladores tipo plenum geralmente têm níveis de ruído mais altos do que os ventiladores centrífugos. Dependendo da localização do ventilador dentro do sistema de tratamento de ar, o ruído de descarga ou entrada pode ser mais importante, então a escolha do ventilador mais silencioso depende da aplicação.

Exemplo 2: ventilador de sucção descarregando em um plenum com várias saídas. Um plenum de descarga geralmente é adicionado a jusante de um ventilador centrífugo para reduzir os níveis de ruído de descarga ou permitir flexibilidade de descarga (por exemplo, conexões com vários dutos ou uma mudança abrupta de direção). No entanto, como mencionado anteriormente, um ventilador centrífugo funciona melhor quando descarrega em uma seção reta do duto. Quando um ventilador centrífugo descarrega em um plenum, as perdas de energia resultam em aumento da potência do ventilador.

Usando o mesmo exemplo, adicionar um plenum de descarga aumenta a potência bhp do ventilador AF de 11,8 para 13,2, em comparação com 14,0 bhp para o ventilador tipo plenum acionado por correia e 12,8 bhp para o ventilador tipo plenum de acionamento direto (Tabela 1).

Embora a adição do plenum de descarga aumente a potência do ventilador e o comprimento da unidade geral de tratamento de ar, ela permite que o ventilador centrífugo AF alcance níveis de ruído de descarga semelhantes aos dos ventiladores tipo plenum (Figura 3). Neste exemplo, o ventilador tipo plenum de acionamento direto ainda é a escolha mais silenciosa, principalmente nas bandas de oitava de baixa frequência que são difíceis de atenuar.

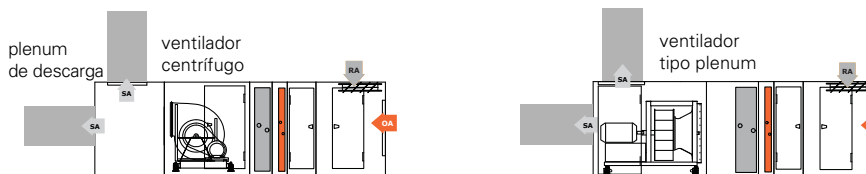
Tabela 1. Comparação entre ventiladores centrífugos e ventiladores tipo plenum¹

Exemplo 1: ventilador de sucção descarregando diretamente em uma seção reta do duto²



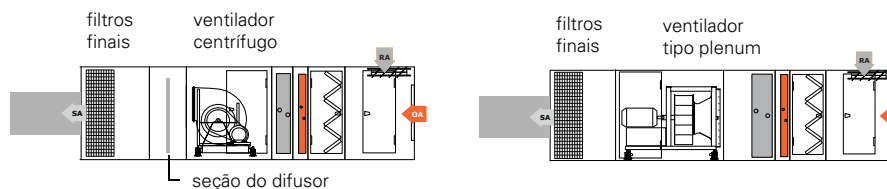
Tipo de ventilador e diâmetro da voluta	Potência de entrada, ⁵ bhp	Velocidade de rotação, rpm
AF com voluta, 25 pol.	11,8	1.320
AF plenum de acionamento direto, 35,56 pol.	14,0	1.050
AF plenum de acionamento direto, 30 pol.	12,8	1.320

Exemplo 2: ventilador de sucção descarregando em um plenum com várias saídas.³



Tipo de ventilador e diâmetro da voluta	Potência de entrada, ⁵ bhp	Velocidade de rotação, rpm
AF centrífugo, 25 pol. + plenum de descarga	13,2	1.380
AF plenum de acionamento direto, 35,56 pol.	14,0	1.050
AF plenum de acionamento direto, 30 pol.	12,8	1.320

Exemplo 3: filtros finais⁴



Tipo de ventilador e diâmetro da voluta	Potência de entrada, ⁵ bhp	Velocidade de rotação, rpm
AF com voluta, 25 pol. (com seção de difusor)	15,0	1.450
AF plenum de acionamento direto, 35,56 pol.	15,4	1.090
AF plenum de acionamento direto, 30 pol.	14,1	1.370

¹Com base em uma configuração típica de unidade de tratamento de ar VAV (caixa de mistura OA/RA, filtros, serpentina de aquecimento de água quente, serpentina de resfriamento de água gelada e ventilador de alimentação) operando a 13.000 cfm com queda de pressão estática externa de 2 polegadas colunas de H₂O.

²O ventilador de alimentação de sucção tem uma única abertura de descarga na seção do ventilador, descarregando em uma seção longa e reta do duto que tem aproximadamente o mesmo tamanho da saída do ventilador.

³Unidade de tratamento de ar (air handling unit, AHU) com o ventilador alojado possui um plenum de descarga a jusante com duas aberturas. A AHU com os ventiladores tipo plenum tem duas aberturas de descarga na seção do ventilador; nenhum plenum de descarga é usado.

⁴Uma seção de difusor é necessária entre o ventilador centrífugo e os filtros finais. Isso não é necessário entre um ventilador tipo plenum e os filtros finais.

⁵Os valores de bhp incluem 5 por cento de perdas de acionamento relacionadas à correia para os ventiladores de acionamento por correia ou plenum.

Quando várias conexões de dutos de alimentação são desejadas, um ventilador centrífugo requer um plenum de descarga para permitir várias conexões. No entanto, se um ventilador tipo plenum for usado, várias conexões de duto poderão ser feitas na própria seção do ventilador, eliminando a necessidade de um plenum de descarga e resultando em uma unidade de tratamento de ar mais curta (menor área ocupada pela AHU).

Exemplo 3: filtros finais. Em algumas aplicações, os filtros finais são incluídos como a última seção na unidade de tratamento de ar. Quando um ventilador centrífugo for usado, uma seção de difusor (que contém defletores de equalização de pressão) deverá ser adicionada para fornecer um fluxo de ar uniforme através dos filtros a jusante. Isso não é um requisito para um ventilador tipo plenum, pois ele pressuriza o plenum ao redor e fornece um fluxo de ar uniforme através dos filtros finais com distância mínima a jusante.

Nesta configuração, a potência de entrada para o ventilador centrífugo aumenta devido à queda de pressão adicional da seção do difusor e ao fato de que o ventilador centrífugo não está mais descarregando em uma seção reta do duto. Neste exemplo, o ventilador tipo plenum de acionamento direto requer menos energia — 14,1 bhp em comparação com 15,0 bhp para o ventilador AF com voluta e 15,4 bhp para o ventilador tipo plenum acionado por correia (Tabela 1).

Quando as seções a jusante estiverem presentes, como um plenum de descarga, filtros finais, seção de aquecimento de gás ou até mesmo uma serpentina de resfriamento de insuflamento, um ventilador tipo plenum de acionamento direto provavelmente exigirá menos potência de entrada do que um ventilador centrífugo ou um ventilador tipo plenum de acionamento por correia.

Seleções de velocidade síncrona versus velocidade flexível.

O uso de acionamento direto (em vez de acionamento por correia) para um ventilador tipo plenum permitiu algumas mudanças nos paradigmas tradicionais ao selecionar o ventilador. No geral, o diâmetro e a largura da voluta do ventilador costumavam ser predeterminados pelo fabricante da unidade de tratamento de ar.

Figura 2. Ventilador de sucção descarregando diretamente em uma seção reta do duto (exemplo 1)

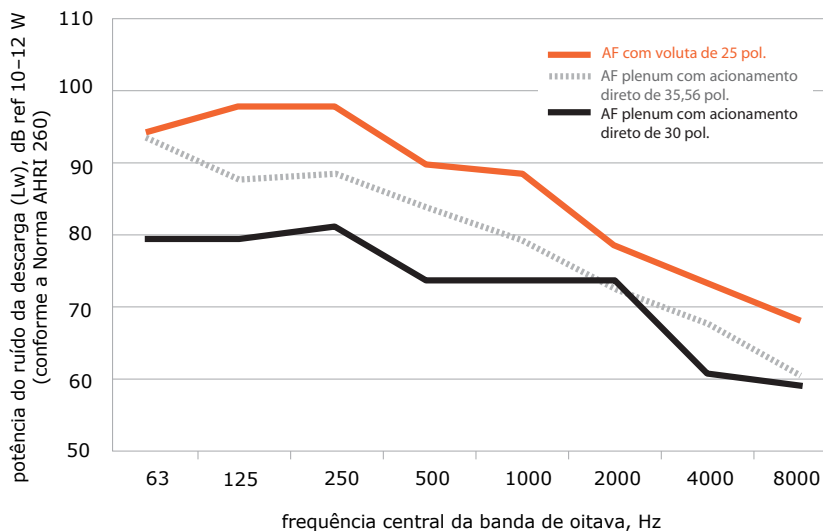
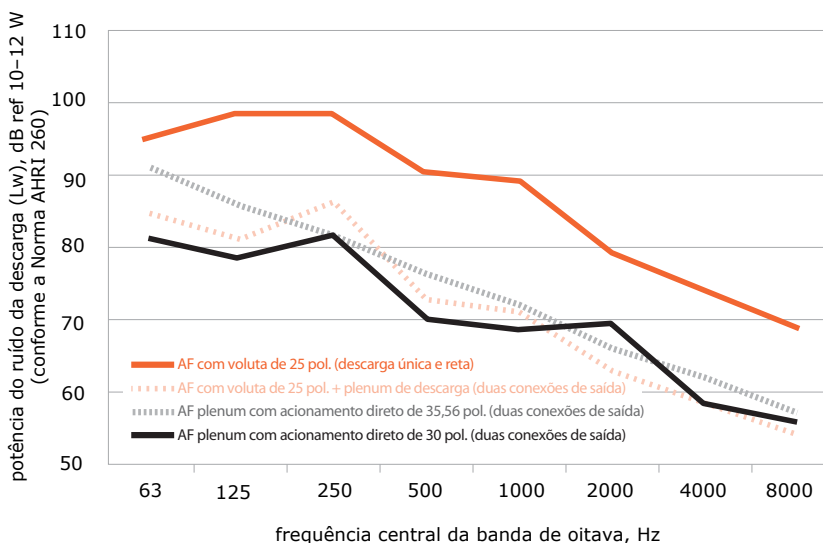


Figura 3. Ventilador de sucção descarregando em um plenum com várias saídas (exemplo 2)



A variável passível de alteração era a velocidade de rotação (rpm) do eixo do ventilador, que foi ajustada usando correias e polias.

Hoje, os ventiladores de acionamento direto estão disponíveis em vários diâmetros e larguras de voluta. Embora não haja correias e roldanas para ajustar a velocidade de rotação, o ventilador pode ser operado em várias velocidades por meio do uso de um inversor de frequência variável (variable-frequency drive, VFD).

De certo modo, o VFD em um ventilador pleno de acionamento direto substitui o kit de acionamento que seria usado para um ventilador acionado por correia.

A maioria das pessoas pensa em um VFD sendo usado para reduzir a velocidade do ventilador da velocidade síncrona do motor para algum limite mínimo de desligamento do VFD. No entanto, o VFD também pode ser usado para operar o motor acima da velocidade síncrona. Isso oferece a oportunidade de usar uma das duas abordagens de seleção:

- Em uma **seleção de velocidade síncrona**, o motor opera em sua velocidade síncrona (normalmente 1.800 ou 1.200 rpm) e o diâmetro e/ou largura da voluta do ventilador são alterados para atingir o desempenho desejado.
- Em uma **seleção de velocidade flexível**, a largura da voluta do ventilador é mantida constante e o diâmetro e/ou a velocidade do ventilador são alterados para atingir o desempenho desejado.

A seleção de velocidade flexível é um conceito relativamente novo na indústria, mas geralmente resulta em uma seleção de ventilador DDP mais eficiente e silenciosa.

Usando o mesmo exemplo de unidade de tratamento de ar VAV, a Tabela 2 compara duas seleções para um ventilador tipo plenum de acionamento direto de 30 polegadas de diâmetro. A primeira linha mostra a seleção de velocidade síncrona e a segunda linha mostra a seleção de velocidade flexível.

Para a primeira seleção, a velocidade nominal do motor é de 1.800 rpm. Para fornecer o fluxo de ar e a pressão estática desejados, a largura da voluta do ventilador é reduzida para 57% da largura nominal para esse diâmetro de voluta específico e o motor opera em sua velocidade síncrona de 1.780 rpm.

Para a seleção de velocidade flexível, no entanto, a voluta do ventilador é mantida em sua largura nominal. Para fornecer o mesmo desempenho

desejado, a voluta do ventilador precisa apenas girar a 1.320 rpm. Um motor de 1.200 rpm é operado acima da velocidade síncrona, operando o VFD a aproximadamente 66 Hertz (em vez dos 60 Hertz nominais) para atingir os 1.320 rpm desejados.

Observação: como exemplo, os VFDs e motores que a Trane usa para ventiladores de acionamento direto em unidades de tratamento de ar podem operar até pelo menos 90 Hz, o que equivale a cerca de 2.700 rpm para um motor nominal de 1.800 rpm.

A potência de entrada resultante cai de 15,4 bhp na seleção de velocidade síncrona para 12,8 bhp na seleção de velocidade flexível. Além disso, como o ventilador opera a uma velocidade reduzida com uma voluta mais larga, a seleção de velocidade flexível normalmente resultará em níveis de ruído mais baixos.

Como em qualquer outra coisa, há desvantagens em usar o processo de seleção de velocidade flexível. Motores de 900 e 1.200 rpm são menos comuns do que os motores de 1.800 rpm prontos para uso, portanto, podem ser mais caros. (Isto pode ser compensado usando um arranjo de ventiladores, que será discutida posteriormente neste EN.)

Além disso, esses motores de 900 a 1.200 rpm costumam ser menos eficientes, portanto, inclui a eficiência do motor (não apenas a potência bhp) ao comparar as seleções de ventiladores.

Anel piezométrico para medição de fluxo de ar

Em um sistema de tratamento de ar, a medição do fluxo de ar real do ventilador pode ser muito útil para resolver problemas e garantir a operação adequada do sistema, principalmente em um sistema VAV.

Um anel piezométrico (Figura 4) é um dispositivo que pode ser montado dentro do cone de entrada para muitos tipos de ventiladores. Ele mede a queda de pressão do lado de entrada do ventilador até o duto de passagem, que é então usada para estimar o fluxo de ar. A precisão total do sistema de medição do anel do piezômetro (dispositivo e transmissor) geralmente é de mais ou menos 5 por cento.

Figura 4. Anel piezométrico



Talvez a maior vantagem dessa tecnologia seja o fato de não obstruir o fluxo de ar, portanto, não afeta o fluxo de ar ou o desempenho acústico do ventilador. É muito simples e de baixo custo, podendo ser facilmente instalado na fábrica. Por fim, a limpeza periódica, se necessária, é fácil. É simples como desconectar o tubo do transmissor e enviar ar comprimido para trás através do tubo.

Tabela 2. Exemplo de seleções de velocidade síncrona versus velocidade flexível¹

Tipo de ventilador e diâmetro da voluta	Largura da voluta, % nominal	Velocidade rotacional do ventilador, rpm	Velocidade nominal do motor, rpm	Potência de entrada, bhp
AF plenum de acionamento direto, 30 pol. (seleção de velocidade síncrona)	57%	1.780	1.800	15,4
AF plenum de acionamento direto, 30 pol. (seleção de velocidade síncrona)	100%	1.320	1.200	12,8

¹Com base em uma configuração típica de unidade de tratamento de ar VAV (caixa de mistura OA/RA, filtros de alta eficiência, serpentina de aquecimento de água quente, serpentina de resfriamento de água gelada e ventilador de alimentação com duas aberturas na seção do ventilador) operando em 13.000 cfm com queda de pressão estática externa de 2 polegadas H₂O.

Arranjo de ventiladores

No geral, a maioria das unidades de tratamento de ar usava uma única voluta de ventilador, embora o uso de alguns ventiladores em paralelo também fosse comum. No entanto, nos últimos anos, o uso de quatro ou mais ventiladores em um arranjo aumentou.

Um arranjo usa várias volutas de ventilador menores dispostas em vias de fluxo de ar paralelas. Geralmente são usados ventiladores tipo plenum de acionamento direto no arranjo. O exemplo exibido na Figura 5 mostra quatro ventiladores DDP empilhados em um arranjo.

Os arranjos de ventiladores têm algumas vantagens em relação ao uso de uma única voluta de ventilador, mas também têm desvantagens. Os principais benefícios do uso de um arranjo de vários ventiladores são uma possível redução no comprimento total da unidade de tratamento de ar e o fornecimento de algum nível de redundância no caso de falha do ventilador.

Redução no comprimento total da AHU. A distância, ou espaçamento, necessária tanto a montante como a jusante de um ventilador é geralmente em função do diâmetro da voluta do ventilador. Portanto, se forem usadas várias volutas de ventilador de diâmetro pequeno, o espaçamento a montante e a jusante necessário geralmente será menor do que se for usada uma única voluta de ventilador de diâmetro grande. Em muitos casos, isso pode diminuir o comprimento total da unidade de tratamento de ar.

No entanto, há um limite inferior para esta redução de comprimento:

Figura 5. Exemplo de arranjo de ventiladores usando quatro ventiladores tipo plenum de acionamento direto



- Primeiro, há uma certa quantidade de espaço necessária a montante ou a jusante para permitir que os ventiladores sejam reparados ou substituídos, quando necessário. Isso inclui espaço para uma pessoa e para um motor e/ou volutas de ventilador se os ventiladores estiverem empilhados em vários níveis. Também pode exigir espaço para uma escada e possivelmente um guindaste mecânico.
- Além disso, para aplicações em que uma conexão de entrada é feita na parte superior, inferior ou lateral imediatamente a montante da seção do ventilador, ou onde uma conexão de descarga é feita na parte superior, inferior ou lateral da própria seção do ventilador, pode ser necessário espaço adicional para carregar ou descarregar adequadamente todos os ventiladores do arranjo.
- Por fim, o controle motorizado (dos dampers de sobrepressão) às vezes são usados para evitar o refluxo através de um ventilador inativo ou para permitir que um ventilador seja reparado ou substituído enquanto os outros ventiladores permanecem operacionais. Esses componentes geralmente adicionarão comprimento à unidade.

Como exemplo, a Tabela 3 descreve uma unidade de tratamento de ar selecionada para fornecer 15.000 cfm. Nesse caso, o ventilador é localizado a montante da serpentina de resfriamento.

Quando é usada uma única voluta de ventilador de 33 polegadas de diâmetro, o espaçamento mínimo necessário a montante é de 19,8 pol. Se forem usadas duas volutas de ventilador menores em um arranjo, o espaçamento a montante será reduzido para 14,7 pol. Conforme o número de volutas de ventilador aumenta, esse espaçamento a montante continua a diminuir; mas, observe que o benefício incremental é maior passando de um para dois ventiladores e é menos significativo conforme o número de ventiladores continua a aumentar.

Tabela 3. Exemplo de redução de comprimento da AHU usando um arranjo de ventiladores¹

Número de ventiladores	Diâmetro da voluta do ventilador, pol.	A montante			A jusante			
		Espaçamento mínimo necessário, pol.	Espaço livre para manutenção, pol.	Total a montante, ² pol.	Espaçamento mínimo necessário, ³ pol.	Comprimento de ventilador + motor, pol.	Espaço livre para manutenção, pol.	Total a jusante, ⁴ pol.
1	33	19,8	12	19,8	50,5	54,3	0 ⁵	54,3
2	24,5	14,7	12	14,7	38,8	42,0	0 ^{5,6}	42,0
3	20	12,0	12	12,0	33,1	35,3	18	53,3
4	18,25	11,0	12	12,0	29,9	31,4	18	49,4

¹Com base em uma unidade típica de tratamento de ar VAV com ventilador de alimentação localizado a montante da serpentina de resfriamento, operando a 15.000 cfm e uma queda de pressão estática total de 4 polegadas de H₂O.

²A distância a montante necessária é a maior entre o espaçamento a montante necessário para a distribuição do fluxo de ar ou o espaço livre para manutenção a montante.

³O espaçamento mínimo a jusante necessário é igual ao comprimento do ventilador (até a borda de saída do impulsor) mais qualquer espaçamento a jusante necessário para a distribuição do fluxo de ar.

⁴A distância total a jusante necessária é igual ao espaçamento a jusante necessário ou à soma do comprimento do ventilador mais o motor e a distância a jusante para manutenção, quando necessário (o que for maior).

⁵O uso de uma porta de acesso basculante para dentro pode exigir espaço livre adicional para manutenção.

⁶Pressupõe portas de acesso localizadas em ambos os lados da seção do ventilador.

No entanto, como mencionado anteriormente, há uma certa quantidade de espaço necessária para permitir que os ventiladores sejam reparados. A recomendação normal para espaço livre a montante é de 18 pol., mas neste exemplo foi usado o mínimo absoluto de 12 pol. Conforme mostrado na Tabela 3, quando forem usados quatro ventiladores, o espaçamento a montante necessário será ditado pela necessidade de acesso de serviço e não pelo diâmetro da voluta do ventilador; portanto, não há benefício adicional na redução do comprimento a montante usando mais ventiladores.

Observando o lado a jusante do ventilador, para uma única voluta do ventilador, o espaçamento mínimo exigido a jusante é de 50,5 pol. Semelhante ao lado a montante, conforme o número de ventiladores aumenta, o espaçamento a jusante necessário diminui. Mas observe que o comprimento do ventilador e de um motor de acionamento direto montado na extremidade do eixo do ventilador é maior do que o espaçamento a jusante necessário. Para este exemplo, o espaçamento a jusante para distribuição do fluxo de ar não é um fator limitante: é o comprimento do ventilador mais o motor.

Quando são usados vários ventiladores, as volutas dos ventiladores menores e os motores menores são mais curtos, portanto, o comprimento a jusante é reduzido. Novamente, o benefício é maior ao passar de uma para duas volutas de ventilador, mas o benefício incremental é menor conforme o número de ventiladores continua a aumentar.

A recomendação típica para espaço livre a jusante para manutenção é de 24 pol., mas neste exemplo foi usado o mínimo absoluto de 18 pol. Além disso, presumiu-se que a seção do ventilador possui portas de acesso em ambos os lados. Se tiver uma porta em apenas um lado, será necessário espaço de acesso adicional a jusante para permitir que o ventilador do lado oposto seja reparado ou substituído no arranjo de dois ventiladores. No entanto, quando forem usados três ou quatro ventiladores, esse espaço a jusante extra será necessário para acessar os ventiladores intermediários ou superiores.

O comprimento total a jusante é determinado pelo comprimento do ventilador, mais o motor e qualquer espaço livre a jusante necessário para manutenção. A redução do comprimento é maior passando de um para dois ventiladores, mas devido à necessidade de acesso para manutenção, o comprimento a jusante pode aumentar quando forem usados mais de dois ventiladores.

A Figura 6 descreve o resultado do acréscimo das distâncias a montante e a jusante. Quando for usada uma única voluta de ventilador, o comprimento total da seção do ventilador será de 74,1 pol. Se duas volutas de ventilador menores forem usadas em um arranjo, o comprimento total será reduzido para 56,7 pol. (supondo que haja portas em ambos os lados da seção do ventilador).

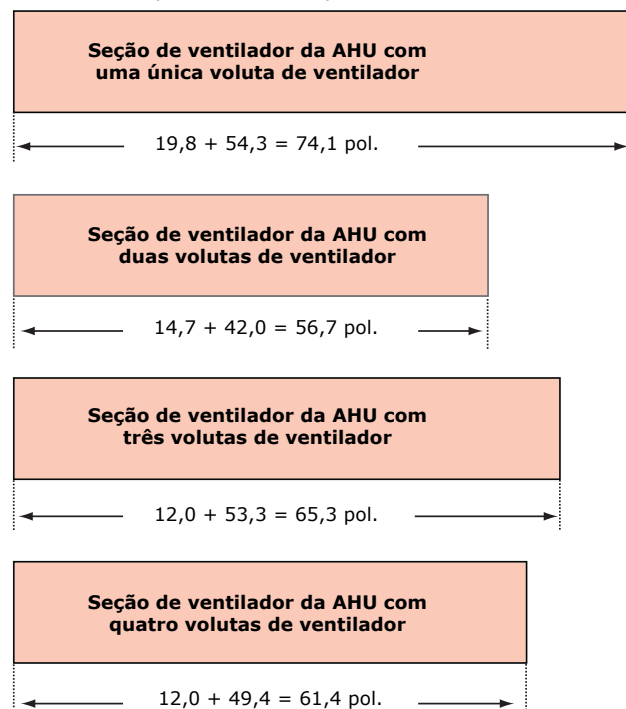
Embora o comprimento possa ser reduzido significativamente mudando de um para dois ventiladores, a redução potencial do comprimento

diminui conforme o número de ventiladores continua a aumentar. E, conforme mostrado neste exemplo, devido à necessidade de acesso de serviço, o comprimento pode realmente aumentar quando são usados mais ventiladores.

Quando são usadas mais de quatro ou seis volutas de ventilador em um arranjo, o espaçamento necessário a montante e a jusante começam a ser determinado pela necessidade de acesso para manutenção, e não pelo diâmetro da voluta do ventilador; portanto, geralmente há pouco benefício adicional de redução de comprimento.

Redundância. Outro benefício do uso de mais de um ventilador em um arranjo é que ela pode fornecer algum nível de redundância. Se um ventilador falhar, os outros ventiladores ainda poderão fornecer parte (ou todo) o fluxo de ar. A Tabela 4 mostra a redundância que pode ser alcançada usando dois, três ou quatro ventiladores em um arranjo.

Figura 6. Exemplo de redução de comprimento devido ao uso de um arranjo de ventiladores (consulte a Tabela 3)



Para o arranjo de dois ventiladores, a primeira linha mostra a seleção nas condições de projeto com ambos os ventiladores operando. Cada ventilador fornece 7.500 cfm e requer um motor de 75 hp. Para fornecer 100% de redundância, se um ventilador falhar, o outro ventilador deve ser capaz de fornecer o fluxo de ar do projeto por conta própria. Conforme mostrado na segunda linha, para que qualquer um dos ventiladores forneça 15.000 cfm, ele deve estar equipado com um motor de 20 hp (não 75 hp). Neste exemplo, um arranjo de dois ventiladores pode fornecer 100% de redundância, desde que cada ventilador seja fornecido com um motor maior. As desvantagens de aumentar os tamanhos dos motores são a redução da eficiência do motor e o aumento do tamanho da alimentação elétrica.

Como observação, se os tamanhos dos motores não forem aumentados, o arranjo de dois ventiladores será capaz de fornecer até 70% do fluxo de ar do projeto se um ventilador falhar. Se 70% for um nível aceitável de redundância (o que não é o pico de projeto), o arranjo de dois ventiladores poderá ser a melhor escolha para este exemplo, porque resulta na menor potência de entrada total quando todos os ventiladores estiverem operando — 13,10 bhp em comparação a 14,04 bhp para o arranjo de três ventiladores e 14,12 bhp para o arranjo de quatro ventiladores.

Para o arranjo de três ventiladores, em condições de projeto com os três ventiladores operando, cada ventilador será selecionado para fornecer 5.000 cfm e exigirá um motor de 75 hp. Conforme mostrado na segunda linha, se qualquer um dos ventiladores falhar, os dois ventiladores restantes ainda poderão fornecer o total de 15.000 cfm — cada um capaz de fornecer 7.500 cfm usando o mesmo motor de 75 hp.

O mesmo vale a para o arranjo de quatro ventiladores. Se qualquer um dos ventiladores falhasse, os três ventiladores restantes poderiam fornecer o fluxo de ar do projeto sem a necessidade de aumentar o tamanho dos motores dos ventiladores.

Para este exemplo, se 100% de redundância for necessária, qualquer uma das configurações descritas na Tabela 4 poderá funcionar:

- O arranjo de dois ventiladores requer a menor potência total quando

Tabela 4. Exemplo de fornecimento de redundância com um arranjo de ventiladores¹

Arranjo de dois ventiladores						
Número de ventiladores operando	Diâmetro da voluta do ventilador, pol.	Nível de redundância	Fluxo de ar (cada ventilador), cfm	Potência de entrada (cada ventilador), bhp	Potência de entrada (total), bhp	Tamanho do motor (cada ventilador), hp
2	24,5	projeto	7.500	6,55	13,10	7,5
1	24,5	100%	15.000	16,13	16,13	20 (requer alteração de motores de 7,5 para 20 hp)
1	24,5	70%	10.500	7,13	7,13	7,5 (nenhuma alteração no tamanho do motor)
Arranjo de três ventiladores						
Número de ventiladores operando	Diâmetro da voluta do ventilador, pol.	Nível de redundância	Fluxo de ar (cada ventilador), cfm	Potência de entrada (cada ventilador), bhp	Potência de entrada (total), bhp	Tamanho do motor (cada ventilador), hp
3	20	projeto	5.000	4,68	14,04	7,5
2	20	100%	7.500	7,43	14,86	7,5 (nenhuma alteração no tamanho do motor)
Arranjo de quatro ventiladores						
Número de ventiladores operando	Diâmetro da voluta do ventilador, pol.	Nível de redundância	Fluxo de ar (cada ventilador), cfm	Potência de entrada (cada ventilador), bhp	Potência de entrada (total), bhp	Tamanho do motor (cada ventilador), hp
4	18,25	projeto	3.750	3,53	14,12	5
3	18,25	100%	5.000	4,71	14,13	5 (nenhuma alteração no tamanho do motor)

¹Com base em uma unidade de tratamento de ar projetada para operar a 15.000 cfm e uma queda de pressão estática total de 4 polegadas H₂O.

²Operando a 10.500 cfm e queda de pressão estática total de 2,8 pol de H₂O.

- todos os ventiladores estão operando, mas cada ventilador terá de estar equipado com um motor maior.
- O arranjo de três ou quatro ventiladores pode fornecer 100% de redundância sem alterar o tamanho dos motores.
- O arranjo de quatro ventiladores requer a menor potência total quando um ventilador falha, mas requer mais potência quando todos os ventiladores estão operando. Supondo que um ventilador será consertado ou substituído quando falhar, avaliar a potência do ventilador quando todos os ventiladores estiverem operando parece ser mais importante do que quando um ventilador falhar.
- ventiladores maiores (como 2, 4 ou 6) versus muitos ventiladores menores (como 9, 12, 24 ou até mais) no arranjo.
- Um arranjo de ventiladores normalmente reduz o comprimento total da unidade de tratamento de ar (Tabela 3). A redução do comprimento obtida ao passar de um para dois ventiladores pode ser muito significativa, mas o benefício da redução incremental do comprimento não é tão significativo quanto o aumento do número de ventiladores. Por fim, um limite mínimo determinado pelo espaço livre para manutenção é alcançado.
- Quando vários ventiladores são usados, a unidade de tratamento de ar pode fornecer algum nível de redundância. No entanto, isso requer uma seleção adequada para garantir que, quando um ventilador falhar, os ventiladores restantes sejam capazes de fornecer o fluxo de ar necessário (Tabela 4). Geralmente, um arranjo de três ou quatro ventiladores é capaz de fornecer o mesmo nível de redundância que um arranjo que consiste em muitos ventiladores menores.

Vantagens e desvantagens de um arranjo de ventiladores (Tabela 5).

Embora os arranjos de ventilador tenham algumas vantagens, também há desvantagens em comparação com o uso de uma única voluta de ventilador. Quando um arranjo de ventiladores é usada, há vantagens em usar menos

- Quando vários ventiladores menores são usados em um arranjo, os ventiladores e motores individuais são mais leves e fáceis de substituir, quando necessário.
- O uso de uma única voluta de ventilador (em vez de um arranjo de ventiladores) normalmente resultará na unidade de tratamento de ar de menor custo. Em caso de escolha de um arranjo de ventiladores, usar menos ventiladores maiores normalmente custará menos do que usar muitos ventiladores menores.
- O uso de um único ventilador geralmente requer menos potência de entrada do que um arranjo de vários ventiladores. Em caso de escolha de um arranjo de ventiladores, usar menos ventiladores maiores geralmente exigirá menos energia do que usar muitos ventiladores menores.
- Como os ventiladores estão operando em uma velocidade mais lenta e os ventiladores maiores são mais eficientes, quanto menor o número de ventiladores, geralmente melhor a acústica.
- Menos peças móveis (e, portanto, menos ventiladores) geralmente resulta em mais confiabilidade. Obviamente, a redundância fornecida pelo uso de vários ventiladores em um arranjo compensa em parte a preocupação com a falha de um ventilador.

Observe que essas são conclusões generalizadas. Por exemplo, dependendo do comprimento da unidade de tratamento

de ar e da velocidade nominal do motor (motores de 900 e 1.200 rpm podem ser mais caros do que motores de 1.800 rpm), uma unidade selecionada com menos ventiladores pode custar menos do que uma unidade selecionada com um único ventilador. Como outro exemplo, usar um número maior de ventiladores pode diminuir o nível de ruído em uma banda de oitava difícil de atenuar, alterando a frequência de passagem da lâmina para uma banda de oitava mais fácil de atenuar. O número ideal de ventiladores depende da aplicação.

Resumo

Quando uma unidade de tratamento de ar contém um ventilador de sucção que descarrega diretamente em uma seção reta suficientemente longa do duto, que é aproximadamente do mesmo tamanho que a saída do ventilador; um ventilador de airfoil com voluta geralmente exigirá menos energia de entrada do que um ventilador tipo plenum, mas um ventilador tipo plenum provavelmente terá níveis de ruído de descarga mais baixos. No entanto, quando as condições de descarga não são tão ideais ou quando as seções a jusante estão presentes (como um plenum de descarga, filtro final, aquecedor de gás ou uma serpentina de resfriamento de insuflamento), um ventilador tipo plenum provavelmente exigirá menos energia de entrada e terá níveis de ruído de descarga mais baixos que um ventilador centrífugo. Os ventiladores de acionamento

direto são mais confiáveis e requerem menos manutenção do que os ventiladores acionados por correia. E como não há perdas de acionamento relacionadas à correia, os ventiladores de acionamento direto geralmente são mais eficientes, mais silenciosos e experimentam menos vibração do que os ventiladores tipo plenum acionados por correia. Ao selecionar um ventilador de acionamento direto, considere a seleção de velocidade flexível, que geralmente resulta em uma seleção de ventilador mais eficiente e silenciosa.

Os arranjos de ventiladores podem reduzir o comprimento total da unidade de tratamento de ar, podem fornecer redundância para aplicações críticas e permitir que os ventiladores e motores sejam substituídos com mais facilidade. No entanto, eles geralmente aumentam o custo da unidade de tratamento de ar, exigem mais potência de entrada e têm níveis de ruído mais altos. Em caso de escolha de um arranjo de vários ventiladores, usar menos ventiladores maiores — como 2, 4 ou 6 — normalmente será uma solução geral melhor do que usar muitos ventiladores menores — como 9, 12, 24 ou até mais.

Para obter mais informações sobre ventiladores tipo plenum de acionamento direto ou arranjos de ventiladores, consulte o Boletim de engenharia da Trane intitulado "Ventiladores tipo plenum de acionamento direto para tratamento de ar Trane Climate Changer™" (CLCH-PRB021-EN).

Por Dustin Meredith e John Murphy, engenheiros de aplicações, e Jeanne Harshaw, designer de informações, Trane. É possível encontrar esta edição e as edições anteriores do Boletim dos Engenheiros em www.trane.com/engineersnewsletter. Para fazer comentários, envie um e-mail para comfort@trane.com.

Tabela 5. Ventilador único versus arranjo de ventiladores

Característica	Ventilador DDP único	Vários ventiladores DDP (arranjo de ventiladores)	
		Menos ventiladores	Mais ventiladores
Espaço da AHU	+	++	+++
Redundância	nenhuma	+++	+++
Manutenção	+	++	+++
Custo da AHU	+++	++	+
Eficiência	+++	++	+
Acústica da AHU	+++	++	+
Confiabilidade do ventilador	+++	++	+

Boletim dos Engenheiros AO VIVO!

Encontre seu escritório local da Trane.

Ventiladores em sistemas de tratamento de ar

Sistemas geotérmicos centrais

Norma ASHRAE 90.1-2010