



**Modalidade do trabalho:** Relatório técnico-científico  
**Evento:** 2011 SIC - XIX Seminário de Iniciação Científica

## **TESTES EM VENTILADORES CENTRÍFUGOS PARA UTILIZAÇÃO EM TRANSPORTE PNEUMÁTICO DE GRÃOS<sup>1</sup>**

**Fernanda Jienifer Dryer<sup>2</sup>, Felipe Ludwig Dos Santos<sup>3</sup>, Luís Antonio Bortolaia<sup>4</sup>, Roger Schildt Hoffmann<sup>5</sup>, Antônio Carlos Valdiero<sup>6</sup>.**

<sup>1</sup> Projeto de Pesquisa realizado no curso de Engenharia Mecânica da Unijuí.

<sup>2</sup> Estudante do Curso de Engenharia Mecânica do Departamento de Ciências Exatas e Engenharias; E-mail: fe.jd.eng@gmail.com

<sup>3</sup> Estudante do Curso de Engenharia Mecânica do Departamento de Ciências Exatas e Engenharias; E-mail: felipe.dsantos@unijui.edu.br

<sup>4</sup> Professor do Departamento de Ciências Exatas e Engenharias. Participante do Grupo de Pesquisa Projeto em Sistemas Mecânicos, Mecatrônica e Robótica (orientador dos bolsistas); E-mail: luis.bortolaia@unijui.edu.br.

<sup>5</sup> Professor do Departamento de Ciências Exatas e Engenharias. Participante do Grupo de Pesquisa; E-mail: roger.hoffmann@unijui.edu.br.

<sup>6</sup> Professor do Departamento de Ciências Exatas e Engenharias. Líder do Grupo de Pesquisa Projeto em Sistemas Mecânicos, Mecatrônica e Robótica; E-mail: valdiero@unijui.edu.br.

### **Resumo**

Um banco de testes foi desenvolvido para a obtenção da curva característica de vazão versus pressão estática de ventiladores industriais para aplicação em transporte pneumático de grãos por aspiração. O banco de testes, a instrumentação, os procedimentos para a realização dos testes e dos cálculos são analisados. Os resultados obtidos permitem a identificação do campo de aplicação do ventilador, em termos de vazão e pressão, fornecendo informações para o seu acoplamento ao sistema de transporte pneumático. Para a determinação dos valores de vazão e pressão em valores diferentes da rotação nominal de operação foram utilizadas as leis de semelhança dos ventiladores.

**Palavras-chave:** curvas características, avaliação de ventiladores, desempenho de ventiladores.

### **Introdução**

O transporte pneumático pode ser definido como a arte de transportar materiais em pó, grãos ou granulados através de um fluxo de ar, a uma velocidade adequada, com pressão positiva ou negativa de um local para outro (CADORE, 2009). A principal característica deste sistema é a de o material transportado flutuar sobre uma corrente de ar forçado, produzido por um ventilador ou compressor, que se movimenta em um conduto fechado. Este tipo de transporte é tradicionalmente aplicado para a movimentação de grandes massas de grãos em estruturas portuárias, e nas instalações armazenadoras agrícolas brasileiras na coleta e transporte de amostras de grãos para análise em laboratório (BORTOLAIA et al., 2008).

Transportadores pneumáticos por vácuo (aspiração) são utilizados para transportar materiais de diversos pontos de captura e destinados a um único ponto. Este tipo de transportador é amplamente utilizado quando a superfície superior do material é acessível, como em silos de armazenagem, e para a descarga de navios. O seu funcionamento pode ser



**Modalidade do trabalho:** Relatório técnico-científico

**Evento:** 2011 SIC - XIX Seminário de Iniciação Científica

comparado ao de um aspirador de pó, pois utiliza a sucção do ar proveniente de um compressor para realizar a movimentação do material através de uma tubulação e um filtro para a separação do material transportado do ar (CADORE, 2009).

Os componentes principais de um transportador pneumático por aspiração são basicamente: um bocal de sucção, que evita o embuchamento do sistema e regula a entrada de material e de ar; tubulações de transporte; coletor ou separador, que separa o ar do material transportado, e um ventilador ou compressor, que movimenta o ar no sistema.

Um transportador pneumático exige alguns conhecimentos determinados para a sua aplicação, como pressão, velocidade e quantidade do fluxo de ar necessário para o arraste do material a ser transportado; potência exigida; e características físicas do material transportado, considerando-se que irão influenciar o desempenho do equipamento (MAGALHÃES, 2003).

As características de velocidade, pressão e vazão de ar para o sistema são fornecidas por um ventilador ou compressor. Desta forma, o intuito principal deste trabalho é analisar o ventilador, equipamento fundamental no transporte pneumático, a fim de estudar os processos de seleção, utilização e eventual projeto. O ventilador utilizado é um ventilador centrífugo, trabalhando em aspiração.

Os objetivos do trabalho são: (i) implementar um banco de testes para ventiladores; (ii) realizar o levantamento das grandezas características vazão, pressão estática e pressão dinâmica; (iii) construir a curva característica de vazão versus pressão estática do ventilador.

### Metodologia

**Banco de testes:** Para a realização do estudo foi construído um banco de testes, conforme recomendado pela norma ANSI/AMCA 210-85 (ANSI, 1986). A Figura 1 mostra um arranjo típico de um banco de testes para ventiladores em aspiração, com as dimensões para construção e dispositivos de medição necessários. O duto de aspiração conectado ao ventilador é utilizado para prover as estações de medições. A resistência (perda de carga) do sistema é regulada através de uma válvula cônica localizada na entrada da tubulação, o que permite a variação da vazão de ar. As pressões estática e dinâmica são lidas através da utilização de um tubo de Pitot e manômetros de coluna de líquido. O homogenizador de fluxo possui a função de alinhar o fluxo de ar no duto.

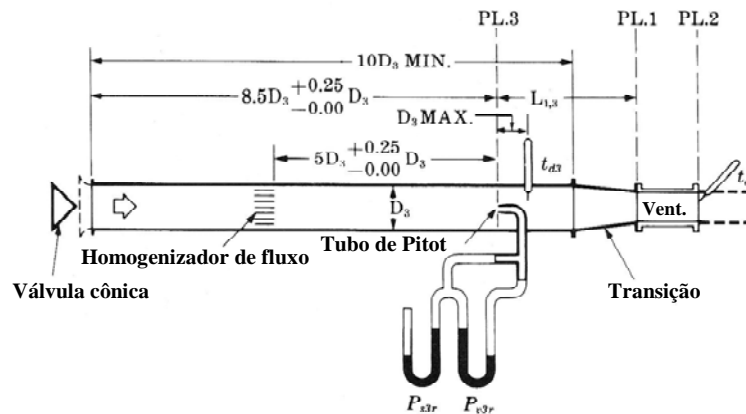


Figura 1. Arranjo para teste de ventilador em aspiração

**Modalidade do trabalho:** Relatório técnico-científico  
**Evento:** 2011 SIC - XIX Seminário de Iniciação Científica

A configuração para os testes experimentais do ventilador em laboratório é ilustrada na Figura 2.

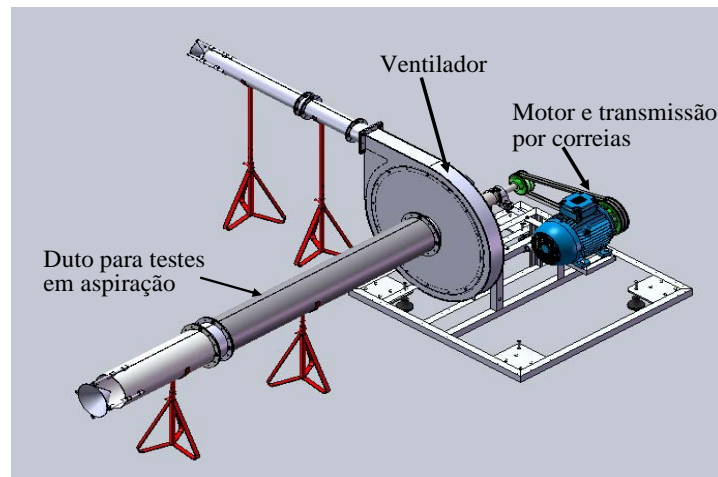


Figura 2. Configuração experimental para execução dos testes em ventiladores

#### Instrumentação para o teste

Para a realização dos testes são necessários alguns instrumentos, que são destacados a seguir:

- Termômetro de bulbo seco e termômetro de bulbo úmido: utilizados para a leitura da temperatura ambiente de bulbo seco e bulbo úmido;
- Barômetro: utilizado para determinação da pressão barométrica local;
- Termômetros digitais: para leitura da temperatura interna ( $t_{d3}$ ), e da temperatura na saída do ventilador ( $t_{d2}$ );
- Manômetros: são utilizados manômetros de coluna de líquido para leitura das pressões estáticas ( $P_{s3r}$ ) e dinâmicas ( $P_{v3r}$ );
- Tubo de Pitot: utilizado para realizar as tomadas das pressões estáticas e dinâmicas. As medições das pressões estáticas e dinâmicas são realizadas em vários pontos ao longo do diâmetro da tubulação, conforme é ilustrado na Figura 3.

#### Procedimento para realização do ensaio

O ensaio foi realizado em um ventilador centrífugo de 7,5 cv de potência e rotação de 3600 rpm.

Para uma dada rotação são realizadas as leituras de  $P_{s3r}$  (pressão estática no plano 3),  $P_{v3r}$  (pressão dinâmica no plano 3),  $t_{d3}$  (temperatura no plano 3) e  $t_{d2}$  (temperatura na saída do ventilador), para diversas posições da válvula cônica. Cerca de dez pontos de ensaio, ou dez posições da válvula cônica são suficientes segundo a norma ANSI/AMCA 210-85 (ANSI, 1986). Também as leituras da pressão barométrica do ambiente ( $P_b$ ), e temperaturas



**Modalidade do trabalho:** Relatório técnico-científico

**Evento:** 2011 SIC - XIX Seminário de Iniciação Científica

de bulbo seco e bulbo úmido do ambiente são realizadas em intervalos regulares de tempo durante o ensaio.

#### Procedimento de cálculo

A partir do levantamento das leituras são necessários cálculos para a determinação dos valores de pressão e vazão que irão compor as curvas características do ventilador ensaiado. As equações para os cálculos são as fornecidas pela norma ANSI/AMCA 210-85 (ANSI, 1986), e permitem o cálculo da vazão e pressão do ventilador para as condições do teste.

#### Resultados e Discussão

Os testes de ventiladores em bancos de testes levam à formação de sua curva característica, que corresponde a um determinado tamanho e rotação do ventilador. Qualquer alteração em uma dessas grandezas acarretará repercussões diretas na curva característica.

As grandezas medidas e calculadas permitem o levantamento da curva característica da vazão versus pressão estática do ventilador centrífugo investigado, operando em aspiração com uma rotação de 3600 rpm. A curva original foi ajustada por um polinômio de segundo grau para contemplar a faixa de vazão de 0 a 15,5 m<sup>3</sup>/s, que possui a seguinte equação:

$$P_e = 403,92 + 12,882.Q - 2,457.Q^2 \quad (1.1)$$

com  $R^2 = 0,9346$  (coeficiente de correlação).

Nesta equação tem-se:

$P_e$  - pressão estática do ventilador (mmca);

$Q$  - vazão do ventilador (m<sup>3</sup>/min).

A curva característica é mostrada na Figura 3. A curva para a rotação de 3600 rpm foi determinada pelo teste em laboratório e plotada pela equação (1.1). As demais curvas foram obtidas pela alteração da rotação ( $n=3000, 2000$  e  $1760$  rpm) do ventilador dentro da sua possível utilização para o transporte pneumático. Para estas novas curvas utilizou-se das leis de semelhança dos ventiladores, que permite obter com boa precisão o desempenho de um ventilador em outras velocidades diferentes daquelas dos testes de desempenho original (OTAM, Boletim Técnico nº 2).

**Modalidade do trabalho:** Relatório técnico-científico  
**Evento:** 2011 SIC - XIX Seminário de Iniciação Científica

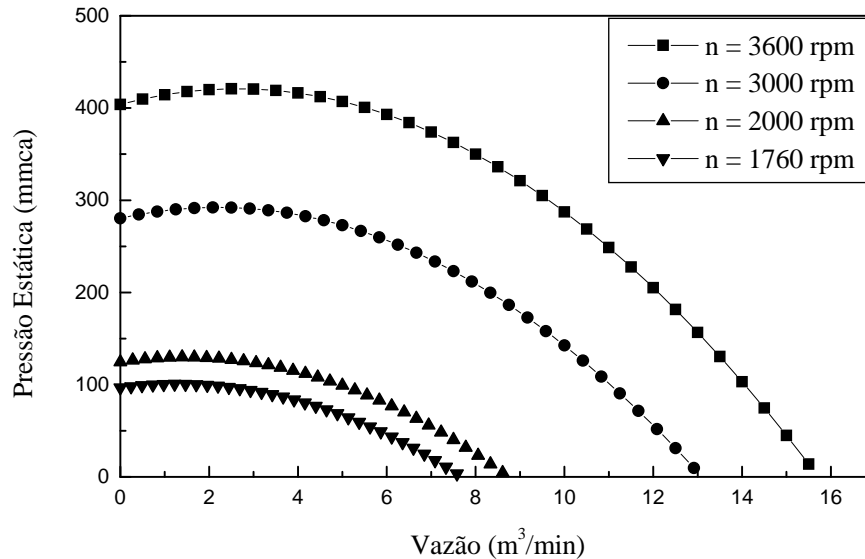


Figura 3. Curva característica vazão versus pressão estática para o ventilador testado

As variações na vazão e na pressão estática do ventilador, em função da variação de sua rotação de operação são mostradas na Tabela 1, indicando os valores máximos e mínimos obtidos. A rotação de 3600 rpm representa a rotação nominal ou de trabalho do ventilador.

Tabela 1. Variação da vazão e da pressão com a variação da rotação do ventilador

n (rpm)	Q (m³/min)		P <sub>e</sub> (mmca)	
	mínima	máxima	mínima	máxima
3600	0	15,5	14,0	420
3000	0	13,0	9,7	292
2000	0	8,6	4,3	130
1760	0	7,6	3,3	100

### Conclusões

O trabalho auxiliou na implementação de um banco de testes para levantamento das curvas características de ventiladores. O levantamento das medições permitiu a construção da curva característica de vazão versus pressão para o ventilador centrífugo analisado para utilização em transporte pneumático por aspiração.

O campo de abrangência das grandezas vazão e pressão estática permitem analisar o comportamento do ventilador para as vazões de 0 a 16 m³/s e de pressão estática na faixa de 14 a 420 mmca. Os resultados obtidos são satisfatórios para o tipo de ventilador testado.

Os resultados apresentados são valores a serem utilizados para o projeto de um sistema de transporte pneumático por aspiração, e permitem determinar a melhor vazão de produto a ser transportado pelo equipamento, em função das grandezas do ventilador.



**Modalidade do trabalho:** Relatório técnico-científico  
**Evento:** 2011 SIC - XIX Seminário de Iniciação Científica

#### Agradecimentos

Os estudantes agradecem ao Programa Institucional de Bolsas de Iniciação Científica PIBIC/UNIJUI pelo auxílio através da bolsa de pesquisa.

#### Referências

- ANSI/AMCA STANDARD 210-85. **Laboratory methods of testing fans for rating.** Estados Unidos, 1986.
- BORTOLAIA, Luís Antônio; ANDRIGHETTO, Pedro Luís; BENATTI, Mateus. **Avaliação Técnica de um Transportador Pneumático de Grãos por Aspiração.** Ciência Rural, Santa Maria, Vol. 38, nº2, março/abril 2008.
- CADORE, Diego. **Projeto de um Bocal de Sucção para um Transportador Pneumático por Aspiração.** Panambi: Unijuí, 2009. Trabalho de Conclusão de Curso, Engenharia Mecânica, Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul, 2009.
- MAGALHÃES, Anderson Chagas. **Desenvolvimento e Avaliação de uma Máquina Recolhedora de Café em Terreiro Utilizando Transporte Pneumático.** Viçosa: UFV, 2003. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola), Universidade Federal de Viçosa, 2003.
- OTAM VENTILADORES INDUSTRIAIS. **Manual Técnico. Boletim Técnico nº 2: Leis dos Ventiladores.** Porto Alegre.

---

Projeto: Transportadores Pneumáticos de Grãos.