DETERMINAÇÃO EXPERIMENTAL DA PERDA DE CARGA DISTRIBUÍDA NO ESCOAMENTO DE GRÃOS DE SOJA POR FASE DILUÍDA EM TRANSPORTADOR PNEUMÁTICO

EXPERIMENTAL DETERMINATION OF HEAD LOSS DURING SOYBEAN FLOW BY DILUTE PHASE IN A PNEUMATIC CONVEYOR

Arthur Henrique Gomes de Santana, Fernanda Martins Meneses Costa, Mateus Ferreira Martins, Pedro Sarkissian de Castro, Nelize Maria de Almeida Coelho, Vitor da Silva Rosa

Universidade Santa Cecília, Faculdade de Engenharia, Curso de Engenharia Química
E-mail para contato: matheusf3003@gmail.com

RESUMO – O transporte pneumático em fase diluída é amplamente utilizado devido aos baixos custos de aquisição e manutenção, sendo ideal para o transporte de pellets, serragem e grãos. A implementação desse tipo de transporte requer dados precisos sobre a queda de pressão e o perfil de concentração de sólidos. Este estudo teve como objetivo determinar a curva de perda de carga em diferentes vazões mássicas e velocidades de escoamento em um trecho reto. A unidade experimental foi construída utilizando dutos de acrílico com diâmetro interno de 117 mm. O sólido utilizado neste estudo foi o grão de soja, transportado por meio de ar. Os resultados obtidos demonstraram a curva característica da queda de pressão ao longo da tubulação.

Palavras-chave: Queda de pressão, transporte pneumático, soja, curva de queda de pressão

ABSTRACT – Dilute phase in pneumatic conveying is widely used due to it's low acquisition and maintenance costs, making it ideal for transporting pellets, sawdust, and grains. The implementation of this type of transport requires precise data on pressure drop and solid concentration profiles. This study aimed to determine the pressure drop curve at different mass flow rates and flow velocities in a straight section. The experimental unit was constructed using acrylic ducts with an internal diameter of 117 mm. The solid used in this study was soybean grains, transported by air. The obtained results demonstrated the characteristic pressure drop curve along the pipeline.

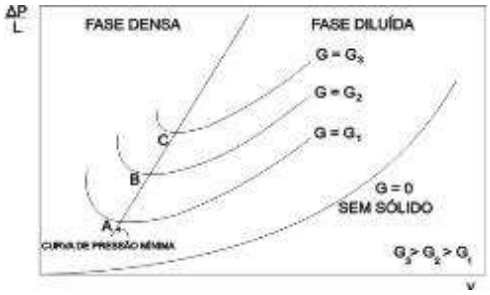
Keywords: *Head-loss, Pneumatic conveying, soja, head-loss curve*

Tipo do trabalho: (x) Iniciação científica ( ) Iniciação tecnológica ( ) Extensão

1. INTRODUÇÃO

O transporte pneumático utiliza um fluido, normalmente o ar, para deslocar materiais particulados através de tubulações e é uma importante operação usada em diversos processos industriais e agrícolas. Entretanto, se houver condições diferenciadas nos ambientes, tais como, riscos de incêndio, de explosão ou para a saúde dos trabalhadores, outros tipos de gases podem ser utilizados. O deslocamento das partículas pode ser realizado por ventilador, soprador ou compressor em função da pressão requerida pelo sistema de dutos e acessórios. O sistema de transporte pneumático pode ser dividido em dois tipos, sendo o de fase densa, com concentração de partículas acima de 30% em volume e o de fase diluída, com concentração inferior a 1% de acordo com [1] Mostrado conforme figura 1

Figura 1 - mudança da fase densa para diluída, onde v = velocidade do ar e G = vazão do sólido [2]



Como é observada, a fase densa possui grandes perdas de carga (comparada a sua vazão) em seu percurso e sua curva característica é inclinada para baixo, dado que sua queda de pressão diminui ao aumento da vazão de ar. Ao passo que na curva característica da fase diluída encontra-se o fenômeno oposto, ao aumento da vazão de ar a queda de pressão tende a aumentar, gerando uma curva ascendente. Essa é a região mais utilizada para transporte de grãos, portanto, a região que será abordada nesse estudo.

As vantagens apresentadas por este tipo de transporte de partículas são: pouco risco de contaminação para o elemento particulado, pois ao ser transportado em dutos, não possui contato com ambiente e não sofre ação do ambiente e de intempéries; sistemas com flexibilidade de montagem, uma vez que podem ser utilizados dutos verticais, inclinados, horizontais; baixo custo de operação e de manutenção; flexibilidade, pois o mesmo dispositivo pode transportar diversos tipos de materiais, desde que as propriedades ou características sejam similares; facilidade para automatização de sistemas; higiene e segurança dos trabalhadores no ambiente trabalho; diminui, ou ainda, elimina a perda de produto transportado. Conforme [3,4].

Por outro lado, o sistema de transporte pneumático apresenta as seguintes desvantagens: alto consumo de energia; provoca abrasão dos dutos de transporte, principalmente na parte

inferior; pode causar degradação dos sólidos transportados, caso o sistema não seja dimensionado corretamente; distâncias limitadas; projetos e dimensionamentos complexos; transporte de produtos em um sentido. Conforme [3,5].

Devido ao alto consumo de energia, sistemas de transporte pneumático são mais indicados para deslocar partículas finas em curtas distâncias. A maioria dos sistemas existentes operam com vazões entre 1 e 400 toneladas por hora, distâncias menores que 1 Km e partículas com diâmetros inferiores a 10 mm. De acordo com [3]

O Brasil é o segundo maior produtor mundial de soja, segundo informações de [6], o que demonstra a importância dessa cultura agrícola para o país. Segundo [7], a densidade aparente da soja seca varia de 0,989 a 1,149 g/cm^3, para [8] apresenta valores entre 1,11 e 1,25 g/cm^3. Para [9], os dados levantados oscilam entre de 1,1592 a 1,1992 g/cm^3.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

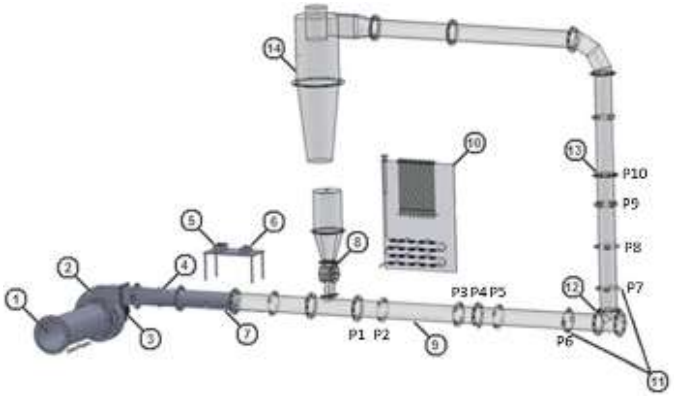
Nas figuras 2 e 3 está a unidade experimental e seu detalhamento, respectivamente. A unidade se encontra no laboratório de operações unitárias (sala M525) da universidade Santa Cecília, Santos-SP. Foram utilizados grãos de soja pela tubulação de 117mm com diferentes vazões mássicas, variadas pelo controlador no item 6, sendo calculadas pela massa transportada e tempo de esvaziamento do reservatório acima da válvula no item 8, sendo $G = m/t$. Sendo calculadas 2 vazões de sólidos (vazões 1 e 2) e uma vazão de apenas ar (vazão 0).

Figura 2 - Unidade experimental



A velocidade do ar foi variada pelo controlador, item 5, e medida por um anemômetro no centro da tubulação em 1, posteriormente foi encontrada, pela equação da continuidade, a velocidade no interior da tubulação, $(\pi . D_1^2 . v_1)/4 = (\pi . D_2^2 . v_2)/4$. Através dos anéis piesométrico, item 11, e dos tubos em U, item 10, foi medida a pressão nos pontos P4 e P5 para calcular a perda de carga distribuída da tubulação, através da altura manométrica de água.

Figura 3 1) Duto de sucção de ar atmosférico com 217 mm; 2) ventilador centrífugo com pás parcialmente abertas; 3) motor elétrico de corrente alternada de 3 kW; 4) conexão de seção quadrada para circular; 5) inversor de frequência do motor elétrico; 6) interruptor de controle de rotação da válvula rotativa; 7) tubo de aço carbono de diâmetro interno 117 mm com endireitamento; 8) silo alimentador de sólidos e válvula rotativa; 9) tubo de acrílico de diâmetro interno 117 mm; 10) banco de manômetros de tubo em forma de U com água; 11) anéis piezométricos para leituras de pressão em T a montante e a jusante; 12) T com flanges; 13) acoplamento de flange para dispositivo coletor; 14) ciclone receptor para silo. [10]



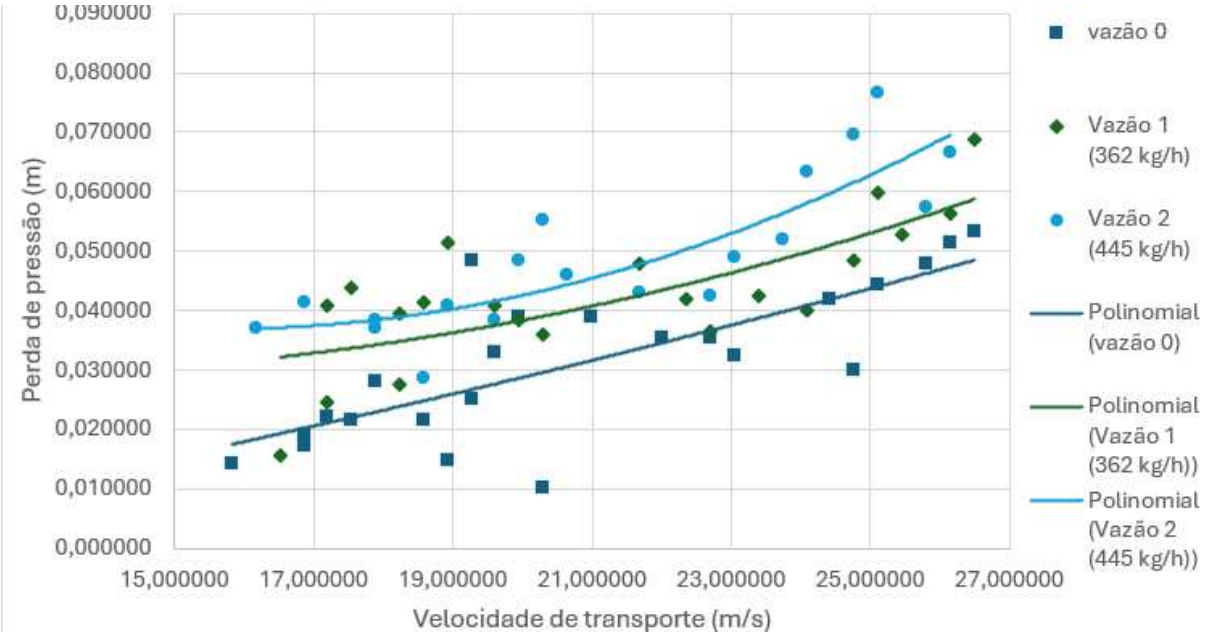
Utilizando-se do dobro da diferença de altura entre a altura inicial e a altura durante o experimento, calculamos o ΔP. Ao aplicar-se o balanço de energia mecânica, observa-se que, como não há acessórios ($lw_{loc} = 0$), com o diâmetro da tubulação constante ($\Delta v = 0$), ambos os pontos estão na mesma altura ($\Delta Z = 0$) e como entre os pontos analisados não há nenhum sistema de bombeamento ($H_B = 0$), podemos observar que a variação da pressão é igual a perda de carga, conforme a equação 1.

$$H_B = \frac{\Delta P}{\gamma} + \frac{\Delta v^2}{2g} + \Delta Z + lw_{dis} \quad (1)$$

3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Através da plotagem, e regressão por função polinomial de 2 grau, dos dados obtidos em queda de pressão em função da velocidade do ar, obtém-se o gráfico 1 representado abaixo.

Gráfico 1- queda de pressão em trecho reto em função da velocidade de ar



Observa-se que o gráfico descreve a curva característica da queda de pressão pela velocidade de ar em trecho reto e fase diluída, conforme previstos por [1,2].

Seguindo o modelo de regressão polinomial de segundo grau por Excel, foram encontradas as seguintes equações para queda de pressão no trecho: $\Delta P = 3.10^{-5}v^2 + 1{,}5.10^{-3}v - 0{,}015$ para a vazão 0, $\Delta P = 10^{-4}v^2 - 3{,}2.10^{-3}v + 0{,}0481$, para a vazão 1 e $\Delta P = 3.10^{-4}v^2 - 9{,}2.10^{-3}v + 0{,}1085$ para a vazão 2.

4. CONCLUSÃO

Foi possível a obtenção da curva característica da queda de pressão e sua equação, para futuras previsões. Ressalta-se a que apenas este estudo não é suficiente para a definição formal de um modelo de cálculo, sugerindo-se, por segmento, que mais estudos sejam feitos a fim de complementar e averiguar os dados obtidos.

5. REFERÊNCIAS

1. PAIXÃO, A. E. A.; Modelagem do Transporte Pneumático vertical em fase diluída: Aplicações em Transferência de calor e Secagem, Tese (Doutorado), Unicamp, Campinas, outubro de 1995.
2. KLINZING, G. E.; et al.; Pneumatic conveying of solids: A theoretical and practical approach. 2ed. London, Chapman & Hall. 1997, 624 p.
3. MARCUS, R. D., LEUNG L. S., KLINZING G. E., RIZK F.; Pneumatic conveying of solid. London: Chapman and Hall. 2010.
4. SILVA, D.R.; Transporte Pneumático – Tecnologia, projetos e aplicações na indústria e nos serviços. Artliber. 2005.
5. STOESS JR., H. A. **Pneumatic conveying**. New York, US: Wiley Interscience, 1970
6. https://www.embrapa.br/soja/cultivos/soja1/dados-economicos acesso em 07/09/2024

7. HOFMANN, A. M. S.; Experimentos, modelagem, simulação e controle de uma operação contínua de secagem e resfriamento de soja (Glycine max) extrusada, Dissertação (Mestrado), Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2012
8. MOURA, N.C.; BRAZACA, S. G. C.; SOUZA, M. C.; Características físicas de quatro cultivares de soja crua e submetidas a diferentes tratamentos térmicos, Revista Alimentos e Nutrição, Araraquara, v.20, n.3, p. 383-388, jul./set. 2009
9. VIEIRA, C. R.; CABRAL, L. C.; PAULA, A. C. O. de; Caracterização Física e Tecnológica de seis cultivares de soja plantadas no Brasil, Revista Ciência e Tecnologia Alimentar, Embrapa, Rio de Janeiro v. 17, 1997.
10. MORAES, M.S.; Convecção forçada de partículas poliméricas em fase diluída: Curvas de pressão e distribuição de partículas, Tese (Doutorado), Unicamp, Campinas, março de 2012.
11. Moraes M.S. et. Al Experimental quantification of the head loss coefficient K for fittings and semi-industrial pipe cross section solid concentration profile in pneumatic conveying of polypropylene pellets in dilute phase; 2017 Powder Technology