

AVALIAÇÃO DAS MELHORES CONDIÇÕES DE FLUIDIZAÇÃO DE GRÃOS EM LEITO DE JORRO

Gabriel Araújo Carneiro¹, Rodrigo Condotta²

^{1,2} Departamento de Engenharia Química, Centro Universitário FEI
 uniegcarneiro@fei.edu.br e rcondotta@fei.edu.br

Resumo: O leito de jorro é um equipamento que quando usado para fluidização de grãos permite uma elevada troca de calor. O objetivo do estudo é analisar para soja e linhaça dourada a curva característica e as condições mais eficientes para secagem em leito de jorro.

1. Introdução

Fluidização é o fenômeno em que partículas sólidas apresentam o comportamento similar a um fluido. [1] Quando a velocidade é baixa o fluido escoar entre as partículas sem afetar o leito, a partir do momento em que a força causada pelo fluido se iguala ao peso das partículas o leito pode ser considerado um fluidizado.

A resposta ao aumento da velocidade varia com o diâmetro das partículas, massa específica e o tipo de fluido. O comportamento das partículas utilizadas nos ensaios corresponde ao grupo D da classificação de Geldart, utilizando ar como fluido. [2] Devido ao diâmetro médio grande e alta densidade, a formação de bolhas no leito é frequente e o leito apresenta baixa expansão, com formação de jorros no topo.

Essas partículas requerem uma velocidade mínima de início da fluidização elevada, nessa situação é utilizado o leito de jorro. [2] Esse equipamento geralmente é um leito cilíndrico, com base cônica, o gás é injetado no centro do vaso, com um canal preferencial no centro do leito. No início da fluidização as partículas da região central são suspensas estabelecendo uma fonte, no ponto mais alto as partículas perdem a energia cinética recebida e retornam para região da borda do leito. Em um movimento cíclico as partículas descem retornando para região central.

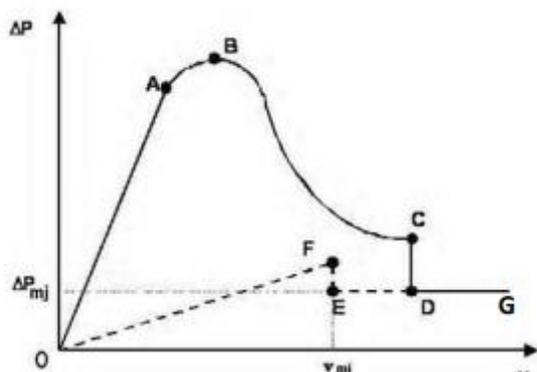


Figura 1 – Curva característica teórica de um leito de jorro [3].

O comportamento fluidodinâmico de um leito de jorro pode ser descrito pela curva na Figura 1. O ponto A representa o início do arraste das partículas, a partir dele o arraste interno leva ao aumento da pressão, com seu máximo no ponto B. A expansão mais significativa do

leito se inicia, reduzindo a queda de pressão nas medições posteriores até o ponto C.

Entre os pontos C e D. O arraste rompe a camada superior do leito e se torna visível. A partir desse ponto a queda de pressão permanece estável.

O caminho tracejado representa a redução da velocidade de ar após o ponto D ser alcançado. A queda de pressão permanece constante enquanto o comportamento de fonte se manter, até no ponto E. O ponto F é o máximo de pressão na volta e representa o fim do arraste interno. Após ele o leito permanece fixo.

O ponto de mínimo jorro é representado pelo ponto E, apresentando o ponto de menor velocidade em que a formação do jorro estável ocorre. [4]

2. Metodologia

O equipamento foi fornecido pela Eco Educacional. O módulo de secagem do leito de Jorro apresenta uma altura de 700 mm e diâmetro de 190 mm. O cone equalizador apresenta as medidas indicadas na Figura 2.

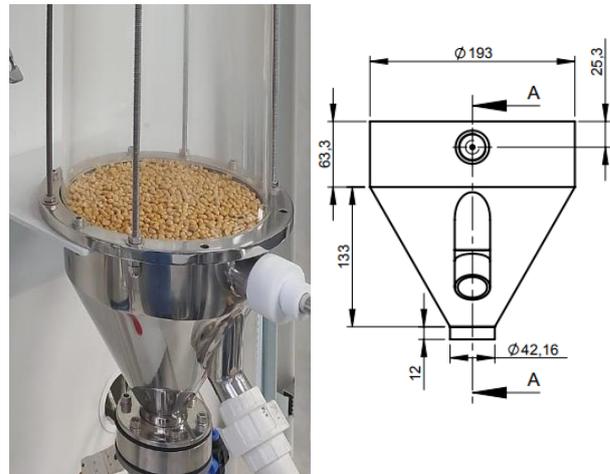


Figura 2 – Descrição da seção cônica do leito de jorro

Os ensaios fluidodinâmicos foram realizados com linhaça dourada e soja. A diferença das propriedades de cada material pode ser visualizada na Figura 3.



Figura 3 – Linhaça dourada(esquerda) e soja (direita)

A altura de referência dos experimentos foi o fim da seção cilíndrica do cone de inox e início da seção cilíndrica em vidro, conforme ilustrado na Figura 2. Dessa forma, o cone de inox permaneceu preenchido completamente em todos os ensaios.

Tabela 1 – Parâmetros alterados nos ensaios

Altura do leito (cm)	0, 4, 8
Geometria	Soja, Linhaça
Temperatura no ensaio (°C)	Ambiente, 45, 60

3. Resultados

As propriedades do funcionamento do leito de jorro em regime permanente para a linhaça e soja estão apresentadas nas Tabelas 2 e 3 respectivamente.

O perfil de fluidização da soja em diferentes alturas é ilustrado na Figura 4. A partir deles verifica-se, que o perfil é semelhante nas duas alturas, com o aumento da velocidade mínima e queda de pressão máxima em resposta ao aumento da altura.

Já o perfil de fluidização da linhaça e soja em uma mesma altura estão ilustrados na Figura 5. A linhaça apresentou uma queda de pressão mais baixa e velocidades menores, em comparação a soja. Ao fluidizar, imediatamente ocorre um salto para faixa de estabilidade da queda de pressão.

Tabela 2 – Linhaça

Altura	ΔP_{max}	ΔP_{jmin}	$V_{jorromin}$
0	102,33±9,50	62,67±6,66	3,56±0,49
4	112,75±22,65	78,25±5,06	3,60±0,35
8	143,33±11,68	97,00±3,46	3,54±0,02

Tabela 3 – Soja

Altura	ΔP_{max}	ΔP_{jmin}	$V_{jorromin}$
0	200±8,49	104,67±6,43	11,77±0,59
4	260±17,44	140,33±6,66	12,72±0,37
8	334,50±21,92	160±14,14	13,42±0,47

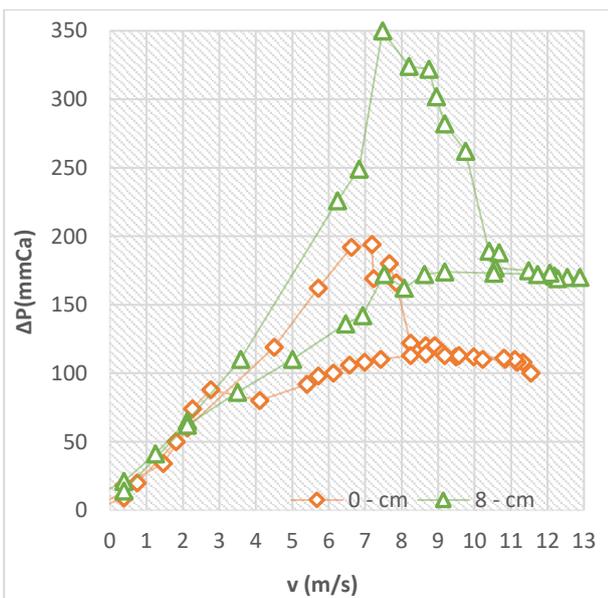


Figura 4 – Curva experimental: soja em h = 0 e 8cm

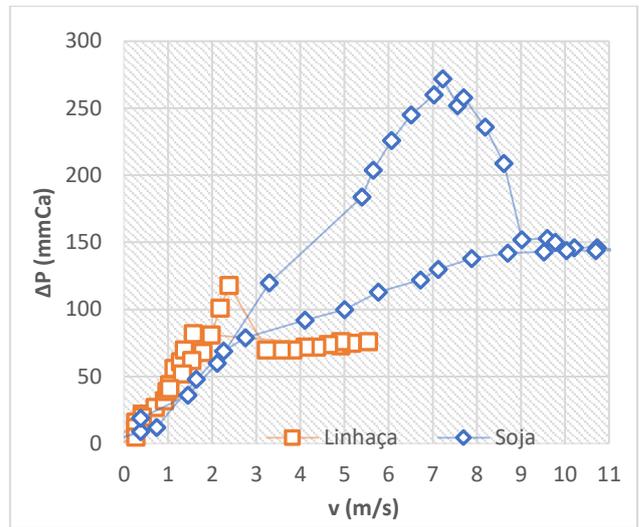


Figura 5 – Curva experimental: linhaça e soja a h=4cm.

A velocidade de jorro mínima da linhaça foi sempre menor. A diferença nas foi causada pelas propriedades das partículas, principalmente a esfericidade, que quando maior causa um aumento significativo na velocidade necessária. [2] Além das partículas de soja serem maiores e a energia requirida do fluido para igualar ao peso ser maior.

Ademais, com a linhaça o leito não sofreu expansão ou grande variação da queda de pressão até o início do jorro, com o máximo de pressão da linhaça observado no sentido de redução de velocidade.

4. Conclusão

O leito de jorro possibilita um elevado valor do coeficiente de troca de calor entre o sólido e o gás. [2] O conhecimento do comportamento do leito e a velocidade mínima de jorro permite a otimização para um consumo energético menor em operações de secagem.

A soja demonstrou o comportamento de acordo o teórico e uma variação maior dos resultados. A curva experimental da linhaça não seguiu a curva teórica, entretanto demonstrou resultados com variação menor.

A próxima etapa é iniciar os ensaios com o controle da temperatura e analisar seu impacto nas propriedades de funcionamento do leito.

5. Referências

- [1] K. Daizo; L, Octave. **Fluization Engineering**. 2. ed. USA: Butterworth-Heinemann, 1991. 497 f.
- [2] S. Elza Brandão. **Análise experimental do comportamento fluidodinâmico e da secagem se sementes de linhaça (Linum usitatissimum L.) em Leito de Jorro**. UFPA 2011.
- [3] S. Dyrney Araújo dos. **Contribuições ao estudo da fluidodinâmica em leito de jorro – Estudos experimentais e de simulação via CFD**. Dissertação. UFU 2011. 125 f.
- [4] F. Alysson Dantas. **Estudo experimental e numérico da fluidodinâmica de um leito de jorro**. Dissertação UFCG, Campina Grande. 2019. 69 f.

¹ Aluno de IC do Centro Universitário FEI. Projeto com vigência de 05/2024 a 04/2025.