

DESCARGA EM SILOS VERTICAIS SEM OBSTRUÇÃO DO FLUXO COM USO DE INSERTS

JOSÉ WALLACE BARBOSA DO NASCIEMNTO¹, DIEGO JOSÉ ARAÚJO BANDEIRA²

¹Prof. Titular do Departamento de Engenharia Agrícola/UFCG, Campina Grande-PB, wallace@ufcg.edu.br;

²Eng. Agrícola, Doutorando em Engenharia de Processo, Campina Grande-PB, diegoimperium9@gmail.com
Bandeira

Apresentado no
Congresso Técnico Científico da Engenharia e da Agronomia – CONTECC'2017
8 a 11 de agosto de 2017 – Belém-PA, Brasil

RESUMO: Objetiva-se fornecer informações técnica aos profissionais que trabalham com processamento de produtos alimentícios e minerais pulverulentos, que apresentam dificuldade descarregamento em silos, para o correto dimensionamento de tremonhas com uso de inserts para não haver obstruções do fluxo durante a descarga dos silos. Atualmente estima-se que aproximadamente 85% dos problemas ocorridos em silos verticais durante o descarregamento é relacionado descontinuidade do fluxo, provocando prejuízos operacionais e financeiros às empresas de vários setores, tais como: farmacêutica, mineral, alimentícia e agrícola. O presente estudo foi realizado em um protótipo de silos com diâmetro de 0,45m e altura de 1,1m, com relação altura/diâmetro de 2,4 e tremonha com 70° de inclinação com o plano horizontal e orifício de descarga com diâmetro de 0,06m. Foi instalado um insert a 0,45m de altura do orifício de descarga. A instalação de inserts na região da tremonha promove alteração no estado de tensão ativo e passivo, promovendo a não formação de arcos coesivos e consequentemente a não parada da descarga do silo.

PALAVRAS-CHAVE: fluxo, descarga de silos, obstrução.

DISCHARGE IN VERTICAL SILOS WITHOUT OBSTRUCTION OF THE FLOW WITH USE INSERTS

ABSTRACT: The objective is to provide technical information to professionals working with food processing and pulverulent minerals, which presents difficulty in discharge, for the correct dimensioning of hoppers with the use of inserts in order to avoid obstructions of the flow during the discharge of the silos. It is currently estimated that approximately 85% of the problems in vertical silos during discharging are related to the discontinuity of the flow, causing operational and financial losses to companies in several sectors, such as: pharmaceutical, mineral, food and agriculture. The present study was carried out in a prototype of silos with a diameter of 0.45m and a height of 1.1m, with a height / diameter ratio of 2.4 and a hopper with a 70° of inclination with the horizontal plane and a discharge orifice with a diameter of 0.06m. An insert was installed at 0.45m height from the discharge port. The installation of inserts in the hopper region promotes changes in the state of active and passive stress, promoting the non-cohesive arcing and consequently the non-stop of the silo discharge.

KEY WORDS: Flow, discharge in silos, obstruction

INTRODUÇÃO

Silos são estruturas de engenharia destinado ao armazenamento de sólidos para diversos setores da economia e são usados na agricultura e, nas indústrias de processamento de alimentos, mineral, química e farmacêutica. Na planta das indústrias os silos além de armazenar as matérias primas também tem a função de abastecer os setores produtivos com vazão adequada e sem obstrução e, de preferência com descarga por gravidade.

Existem dois tipos padrão de fluxo de produtos no interior dos silos durante a descarga que são: fluxo de massa e fluxo de funil. O primeiro caracteriza-se pelo movimento de todas as partículas no interior

dos silos, imediatamente a abertura do orifício de descarga. Em quanto o segundo é definido pela formação de um canal de fluxo e porções de produtos paradas no entorno das paredes.

Para silos destinados ao armazenamento de produtos pulverulentos coesivos recomenda-se o fluxo de massa, para que ocorra o completo esvaziamento e minimizar as paradas inesperadas do descarregamento. Por apresentar propriedades coesivas combinado com a inclinação das tremonha e aspereza da superfície da parede da tremonha, estes produtos têm a tendência de formação de abóbadas sobre orifício de descarga que impede a descarga do silo. Então no mundo há muitos grupos de pesquisas que estudam as situações em que ocorrem a formação de abóbadas (arcos coesivos) e quais as intervenções utilizadas para combatê-las. O emprego de inserts no interior da tremonha é umas das técnicas utilizadas para evitar a formação de abóbadas, por meio das alteração dos campo de tensões ativas e passiva na região imediatamente acima do orifício de descarga.

Considerando que aproximadamente 85% dos problemas de funcionalidade de silos verticais é relacionada com a obstrução do fluxo, durante a descarga, o uso de insert é considerado uma das possíveis soluções. Diante disto o presente trabalho objetivou estudar a influência da altura do insert no interior da tremonha como forma de evitar a formação de abóbadas.

MATERIAL E MÉTODOS

Para realização do estudo utilizou-se uma ração avícola com características coesivas, um protótipo de silo, semicilíndrico, com uma parede de vidro transparente de 8 mm de espessura na face plana do semicírculo. O diâmetro do silo foi 0,45m, altura de 1,1m, portanto um silo com relação H/D igual a 2,4. A tremonha inclinação de 70° com o plano horizontal e 60mm de diâmetro de orifício de descarga. O carregamento do silo foi de forma centralizada e com velocidade uniforme. Os testes experimentais foram feitos com cinco repetições.

Projetou-se um insert com proporção de 30% e mesma inclinação da tremonha, com diâmetro de 0,13m e altura de 0,15m, confeccionado em aço zincado.

A seleção da geometria do *insert* analisada, foi com base nos estudos realizados por (Ding *et al.*, 2015; Li *et al.*,2016), que com base nos resultados obtidos, demonstram que *inserts* de cone invertido e cone duplo, foram os mais promissores. Com relação a altura utilizada para o insert seguiu as recomendações de Wojcik *et al.* (2012), os quais afirmam que a zona de transição entre o corpo do silo e a tremonha (Figura 1), é local adequado para o posicionamento dos *inserts*, alterando o estado de tensão na zona de transição física, conseqüentemente facilitando o fluxo.

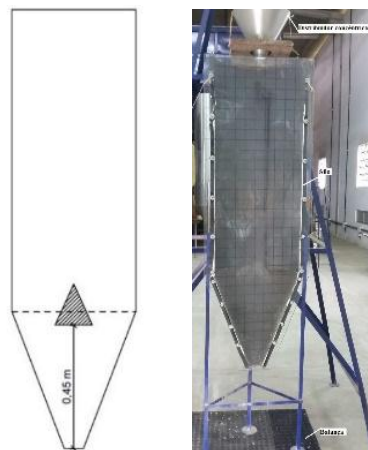


Figura 1 – posição do insert e o silo protótipo

Para determinação das propriedades de fluxo: peso específico consolidado (γ), ângulo de atrito interno (ϕ), efetivo ângulo de atrito interno (δ) e ângulo de atrito do produto com a parede (ϕ_w), foram determinadas adotando a metodologia recomendada pela ASTM (2013) utilizando o aparelho “*Jenike Shear Cell*”. As cargas utilizados nos ensaios foram: 70 (50;35;20), 50 (35;20;10) e 35 (20;10;7) para pré-cisalhamento e cisalhamento, respectivamente, em Newton (N).

O teor de umidade foi determinado através do método padrão de estufa, com circulação de ar à 105 ± 3 °C, durante 24 horas. E a granulometria foi determinada por um agitador mecânico de

peneiras, utilizando 500 gramas de produto com uma frequência de vibração de 10 Hz, durante 5 minutos e peneiras de padrão ABNT (2,8; 1,00; 0,59; 0,297; 0,149 mm).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

As propriedades físicas e de fluxo foram determinadas experimentalmente no equipamento recomendado pelas principais normas estrangeiras de ações em silos, estas são apresentadas na Tabela 1 e observa-se que há para cada propriedade o limite inferior e superior, para que se possa utiliza-las nos projeto de ações em silos conforme a EUROCODE (1991).

Tabela 1. Caracterização das propriedades de fluxo.

| Produto | γ | | \emptyset | | δ | | \emptyset_w | | ff_c |
|---------------|----------|---------|-------------|-----|----------|-----|---------------|-----|--------|
| | inf | sup | inf | sup | inf | Sup | inf | sup | |
| Ração Avícola | 8121,34 | 8429,79 | 25 | 30 | 29 | 34 | 21 | 23 | 1,92 |

γ = peso específico consolidado (N/m³); \emptyset = ângulo de atrito interno (°); δ = efetivo ângulo de atrito interno (°); \emptyset_w = ângulo de atrito interno com parede de aço rugoso (°); C = coesão (Pa); ff_c = Índice de fluxo de Jenike; inf; sup = limite inferior e superior, respectivamente.

A ração avícola utilizada neste estudo teve o índice de fluxo de 1,92 que o caracteriza como produto muito coesivo, conforme teoria de Jenike (1964). Desta forma este índice é um indicativo da dificuldade que o produto possui para fluir durante a descarga em silos. Quanto a granulometria o produto fora classificado como pulverulento coesivo conforme proposta de classificação de Calil (1990). Na Figura 2 é apresentado a sequência fotográfica da descarga do silo sem a colocação do insert.

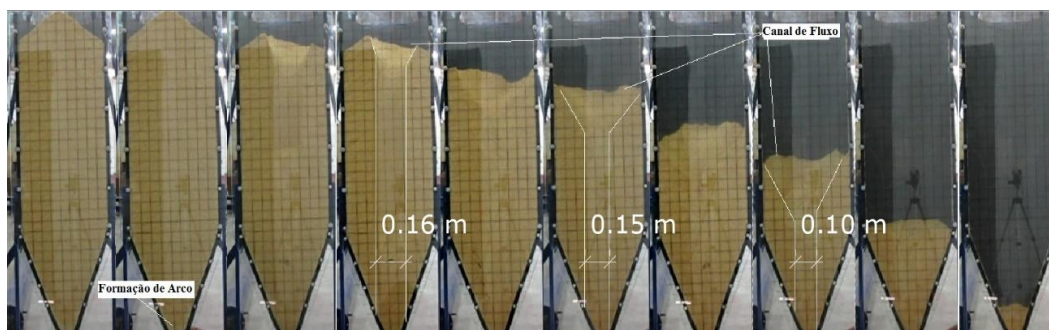


Figura 2 – descarregamento do silo protótipo sem uso de insert

Os testes com a colocação do insert na zona de transição, ou seja, no plano onde há a união da parede do silo com a tremonha (Figua3). Observou-se a formação de um canal de fluxo até a base do *insert* com 0,11m de largura, sua ascensão ao topo da massa armazenada foi impedida pelo *insert*, atingindo altura máxima com relação $H/D = 0,67$, neste ponto o canal permaneceu estável caracterizando assim a formação de *rathole*, com 0,07m de largura. O padrão de fluxo ocorrido foi a fluxo de massa, o recomendado para esse produto. E portanto o emprego de insert neste zona mostrou-se eficaz, pela não formação de arcos coesivos e a promoção de descarga uniforme e ininterrupta.

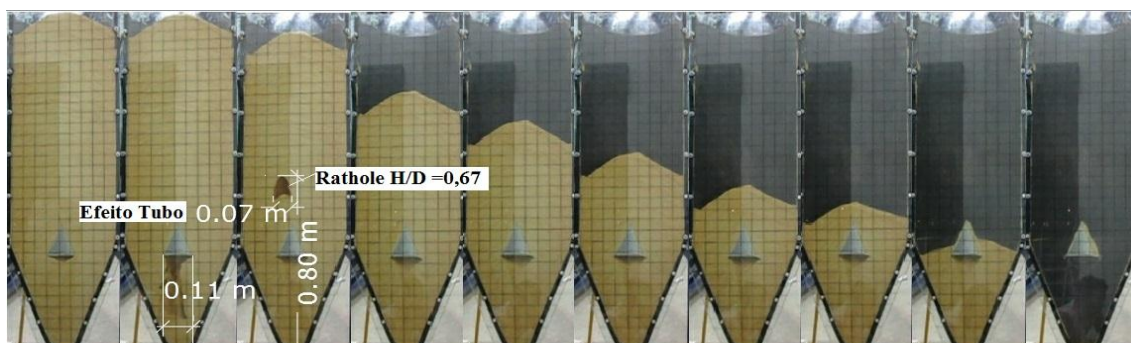


Figura 3. Emprego de insert na descarga de ração avícola.

CONCLUSÃO

A utilização de inserts na tremonha mostra-se uma boa solução ao problema de formação de abóbadas sobre o orifício de descarga em silos verticais, pela mudanças proporcionadas nos estados tensões ativo e passivo, por conseguinte promovendo fluxo de massa.

REFERÊNCIAS

- ASTM. **Standard Test Method for Shear Testing of Bulk Solids Using the Jenike Shear Cell.** 2013.
- Batista, C. S. **Estudo teórico e experimental do fluxo de sólidos particulados em silos verticais.** Campina Grande: UFCG. 81p. Tese (Doutorado em Engenharia de Processos), 2009.
- Bandeira, I. S. A. **Análise de fluxo de ração e farelo de trigo em silos prismáticos industriais.** Campina Grande: UFPB, 71p. Dissertação de Mestrado, 1997.
- Calil Júnior, C. **Recomendações de fluxo e de cargas para o projeto de silos verticais.** São Carlos. Escola de Engenharia de São Carlos – Universidade de São Paulo, 106p. 1990.
- Calil Júnior, C.; Cheung, A.B. Silos: pressões, fluxo, recomendações para projetos e exemplos de cálculo. **Editora Escola de Engenharia de São Carlos: USP.** v. 21 P.212-225, 2007
- European Committee of Standardization. PrEN 1991-4: Action Silos and Tanks. CEN. United Kingdom. 2006.
- Jenike, A. W. Storage and Flow of Solids. **Utah Engineering Experiment Station.** v.123, p.197, 1964.
- Lopes Neto, J. P. **Análise teórico-experimental das forças verticais e de atrito em silos cilíndricos.** Campina Grande: UFCG. 116p. Tese de Doutorado em Engenharia de Processos, 2009.
- Lopes Neto, J. P.; Nascimento, J. W. B. Características de fluxo e projeto de tremonhas cônicas em silos verticais. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental,** v.17, n.3, p. 339-345, 2013.