DETERMINAÇÃO DAS PROPRIEDADES DE FLUXO DO GRÃO E FLOCOS DE ARROZ PARA PROJETO DE SILOS

NYCOLLE OLIVEIRA COELHO[1], ELY FÉLIX DE SÁ CARNEIRO[1]

[1]Graduandos em Engenharia Agrícola, UFCG, Campina Grande-PB, nycolleoliveirac@gmail.com; elyfelixsc@gmail.com;

Apresentado no
Congresso Técnico Científico da Engenharia e da Agronomia – CONTECC
15 a 17 de setembro de 2021

RESUMO: Silos são estruturas armazenadoras de produtos granulares ou pulverulentos, à granel, que podem ser carregados e descarregados por gravidade ou dispositivos mecânicos. Um dos grandes problemas presentes nessas unidades armazenadoras são relacionados ao fluxo, como a formação de arcos coesivos ou arcos mecânicos que impedem o correto descarregamento e podem causar danos aos silos e até acidentes. Nesse trabalho determinamos as propriedades de fluxo (ângulo de atrito interno e efetivo ângulo de atrito interno, coesão média e ângulo de atrito com a parede), foram apresentados o tipo de fluxo do arroz e do flocos de arroz que permite juntamente o dimensionamento de silo vertical sendo elas obtidas a partir do Ensaio de Cisalhamento de Jenike.
PALAVRAS-CHAVE: Jenike, armazenamento, dimensionamento.

DETERMINATION OF FLUX PROPERTIES RICE AND RICE FLAKES FOR VERTICAL SILOS DESIGN

ABSTRACT: Silos are structures that store granular or powdery products, in bulk, that can be loaded and unloaded by gravity or mechanical devices. One of the major problems present in these storage units is related to the flow, such as the formation of cohesive arches or mechanical arches that prevent the correct unloading and can cause damage to the silos and even accidents. In this work, we determined the flow properties (angle of internal friction and effective angle of internal friction, medium cohesion and angle of friction with the wall), the type of flow of rice and rice flakes were presented, which together allows the silo sizing vertical and they are obtained from the Jenike Shear Test.

KEYWORDS: Jenike, storage, sizing.

INTRODUÇÃO

Silos são estruturas armazenadoras de produtos granulares ou pulverulentos, à granel, que podem ser carregados e descarregados por gravidade ou dispositivos mecânicos.

As unidades armazenadoras quando tecnicamente bem projetadas e construídas apresentam as vantagens de obter produtos melhor conservados e longe do ataque de insetos e ratos, a estocagem é segura e econômica tendo em vista que o produto que é armazenado à granel também é comercializado à granel evitando gastos com mão-de-obra para ensacamento. Outras vantagens são a formação de estoque regulador de preços, ou seja, quando o produto estiver numa queda de preço o produto poderá mantê-lo no silo e apenas comercializá-lo quando os preços estiverem favoráveis, isso manterá estável a quantidade de produtos disponíveis no mercado evitando assim flutuações de valores.

Por cada produto ter sua granulometria própria, sendo granular ou pulverulenta, os sólidos transmitem tensões de cisalhamento em condições estáticas e quando confinado o produto está sujeito a cargas constantes de consolidação, o que aumenta sua coesão e proporciona interferência na descarga.

JENIKE (1964) desenvolveu um aparelho de cisalhamento direto com o objetivo de se determinar as propriedades de fluxo de produtos granulares, denominado “Jenike Shear Cell”, sendo seu uso recomendado pela maioria das normas internacionais. Além disso, através de uma análise bidimensional dos esforços, é possível também o desenvolvimento de uma metodologia matemática para o dimensionamento da tremonha com a determinação do ângulo mínimo da tremonha e dimensão de seu orifício de descarga (LOPES NETO & NASCIMENTO, 2013).

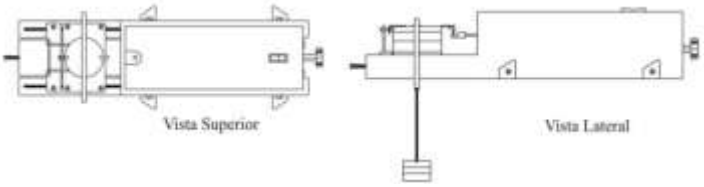
Para a determinação das propriedades torna-se importante pelo fato da influência no padrão do fluxo, pressões atuantes, geometria e rugosidade da parede da célula de armazenamento e dispositivos de descarga.

MATERIAL E MÉTODOS

O ensaio foi concedido no Laboratório de Construções Rurais e Ambiência (LaCRA) da Universidade Federal de Campina Grande (UFCG) Campina Grande, PB. O produto utilizado foi a o grão e flocos de arroz. Para a determinação das propriedades físicas do produto e quantificar a resistência cisalhante foi utilizado um equipamento desenvolvido por Jenike, chamado de acordo com Cheung (2007) de Jenike Shear Cell.

Na realização dos ensaios foi utilizado o aparelho de cisalhamento direto de Jenike para a realização dos ensaios de propriedades físicas dos produtos analisados. Através desse ensaio é possível determinar os esforços sobre os quais o produto estará sujeito durante o armazenamento e nas condições de fluxo preditas para acontecer no silo. (Figura 1)

Figura 1: Aparelho de cisalhamento direto de Jenike.



Fonte: Madrona, 2008

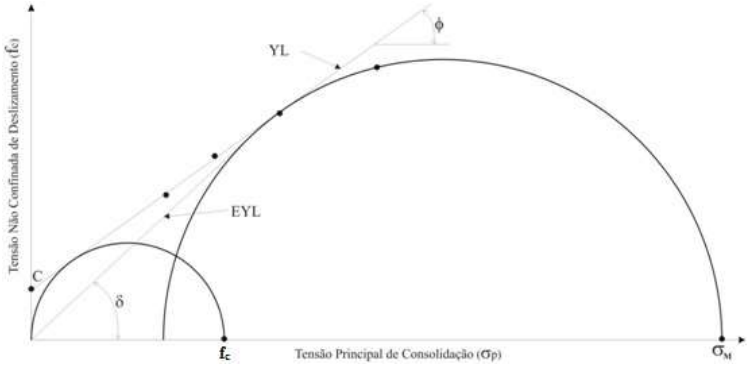
Foram aplicadas as famílias de cargas de 10, 8 e 5 Kg para a determinação das forças de cisalhamento.

O ensaio de atrito do produto com a parede do silo é realizado estando o anel cisalhante apoiado numa placa rugosa e outra lisa simulando a parede do silo, sendo retirado 1kg por vez achando a tensão máxima suportada.

Com este aparelho é possível determinar as principais propriedades de fluxo de produtos sólidos armazenáveis, sendo elas: densidade consolidada (γ); ângulo de atrito interno (Ø); ângulo efetivo de atrito interno (δ); ângulo de atrito do produto com a parede (Øw); coesão (C).

De posse dos resultados e com auxílio de um programa de computação gráfica, foram traçados gráficos de tensão normal versus tensão de cisalhamento (σ,τ), para as cargas utilizadas, o que possibilitou traçar semicírculos de Mohr (Figura 2).

Figura 2: Lugares geométricos e ângulos de atrito interno



Fonte: (Lopes Neto, 2012)

Na construção de silos são usados materiais como aço liso ou rugoso, por serem frequentemente empregados na construção de silos analisamos materiais de aço liso na parede.

Para a determinação da Função Fluxo do produto (FF) foi realizada plotando-se os pontos da σ M versus σ_C obtidos através do conhecimento dos círculos de tensões de Mohr. Através da intersecção de FF pelo Fator fluxo da tremonha (ff), determinou-se a tensão crítica (σ_{CR}) a fim de se projetar um orifício de descarga que evite a formação de arcos coesivos que provocam obstrução durante a descarga.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na tabela 1 encontra-se as propriedades de fluxo dos produtos, na qual é importante destacar uma variação maior entre os limites inferior e superior, mostrando o estado de tensão.

Tabela 1: Propriedades de fluxo

PRODUTO	γ		φ		δ		φw		C	
	Inf	Sup	Inf	Sup	Inf	Sup	Inf	Sup	Inf	Sup
ARROZ	7026,31	7109,71	35	37	34	37	13,1	22,37	44,98	167,49
FLOCOS DE ARROZ	5708,51	5954,96	32,8	36,3	36,7	38,1	17,19	20,15	98,92	862,43

Legenda: γ - peso específico consolidado (N/m³); Ø - ângulo de atrito interno (°); δ - efetivo ângulo de atrito interno (°); Øw - ângulo de atrito interno com parede de aço liso (°); C - média da coesão de partículas (Pa); Inf, Sup - limites inferior e superior, respectivamente.

Como mostrado na tabela as propriedades de fluxo do arroz e do floculado não são muito distintas. Por ambos estarem em suas condições ótimas de armazenamento, baixa umidade e temperatura ambiente, a diferenciação encontrada é devido a granulometria distinta.

Para o estudo de problemas de fluxo em silos temos que os produtos analisados não apresentam características de potencias problemáticas, tendo muito baixa coesão e médio ângulo de atrito interno.

CONCLUSÃO

Devido a um menor tamanho nas partículas os flocos de arroz tem maior interação entre suas partículas. O formato de bastonete do grão de arroz propicia uma variação de sua interação no ângulo de atrito com a parede, e maiores ângulo de atrito interno e peso especifico consolidado.

Com base nas propriedades de fluxo dos produtos é possível dimensionar para ambos sistemas que não apresentarão problemas em relação a fluxo tanto em transporte como em armazenamento, desde que feitos de maneiras coerentes com os parâmetros mostrados.

AGRADECIMENTOS

Ao CNPq/Fapesq pela concessão de bolsa de pesquisa ao primeiro autor.

REFERÊNCIAS

CHEUNG, Andrés Batista. **Modelo estocástico de pressões de produtos armazenados para a estimativa da confiabilidade estrutural de silos esbeltos**. 2007. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo.

JENIKE, A. W. Storage and Flow of Solids. Engineering Experiment Station. v.123, p.197, 1964. junho. 2012.

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 (Online), v.17, p. 339-345, fevereiro. 2013.

LOPES NETO, J. P.; NASCIMENTO, J. W. B.; LOPES, F. F. M. Modelos De Previsão Do Fluxo E Vazão De Descarga De Produtos Agrícolas. Revista Educação Agrícola Superior, v.27, p. 54-58,

Madrona, F. S. Pressões em silos esbeltos com descarga excêntrica. São Carlos: EESC/USP, 2008. 196p. Dissertação Mestrado