

PROPRIEDADES DE FLUXO PARA PROJETO DE SILO ARMAZENADOR DE AÇÚCARES

ELIZANGELA LIMA MOTA^{1*}, JOSÉ WALLACE BARBOSA DO NASCIMENTO²;
ARIADNE SOARES MEIRA³

¹Mestranda em Engenharia Agrícola, UFCG, Campina Grande-PB, elizangelalsiva@hotmail.com

²Dr. em Engenharia Agrícola, Prof. Titular UAEAg, UFCG, Campina Grande-PB, wallacebosa@hotmail.com

³Doutoranda em Engenharia Agrícola, UFCG, Campina Grande-PB, ariadnesm_eng@hotmail.com

Apresentado no
Congresso Técnico Científico da Engenharia e da Agronomia – CONTECC'2016
29 de agosto a 2 de setembro de 2016 – Foz do Iguaçu, Brasil

RESUMO: O açúcar tem propriedades higroscópicas e coesivas mesmo estando em ambiente seco e com temperaturas amenas. O projeto de um silo que armazene este tipo de produto deve levar em consideração características físicas e principalmente, as propriedades que colaboram com o seu fluxo. No presente trabalho três tipos de açúcar (açúcar cristal, açúcar de confeitiro e açúcar demerara) tiveram suas propriedades de fluxo estudadas para que pudesse ser realizado posteriormente o projeto de um silo armazenador que prezasse por melhores condições construtivas, economia de material e eficiência. Foi utilizado o aparelho de cisalhamento Jenike Shear Tester para obtenção dos dados para que fosse possível traçar círculos de Mohr obtendo-se assim o ângulo de atrito interno, efetivo ângulo de atrito e coesão. Com os ensaios de cisalhamento, notou-se que os valores obtidos do ângulo de inclinação da tremonha com a horizontal foi de aproximadamente 45° para o açúcar cristal. Para o açúcar demerara, mesmo apresentando características físicas aproximadas ao açúcar cristal, necessitou de uma inclinação de tremonha de 60° com a horizontal para poder fluir. Com relação ao açúcar de confeitiro, por ser um produto de alta coesão e granulometria muito fina, não descarregou por gravidade independente do ângulo de tremonha e orifício de descarga utilizada, necessitando assim de um artifício externo para escoar.

PALAVRAS-CHAVE: açúcar, projeto, silo

PROPERTIES FLOW FOR PROJECT SILO STORER SUGAR

ABSTRACT: Sugar has hygroscopic and cohesive properties even when in a dry and mild temperatures. The design of a silo to store this type of product should take into account physical characteristics and mainly the properties that contribute with their flow. In this paper three types of sugar (granulated sugar, icing sugar and raw sugar) had their flow properties studied so it could be later made the project a storer silo that self-respecting for better construction conditions, material savings and efficiency. Was used Jenike Shear Tester to obtain data so that they could moths Mohr circles thus obtaining the angle of internal friction, the effective angle of friction and cohesion. With shear tests, it was noted that the values of the hopper inclination angle with the horizontal is approximately 45° to granulated sugar. For raw sugar, even with physical characteristics approximate to crystal sugar, it required a hopper inclination of 60° to the horizontal in order to flow. With respect to icing sugar, being a product of high cohesion and very fine grain, not discharged by gravity regardless of the angle and hopper discharge orifice used, thus requiring an external device to drain.

KEYWORDS: sugar, design, silo

INTRODUÇÃO:

Para os mais diversos projetos de silos, processos de planejamento, dimensionamento de máquinas e equipamentos para manuseio de material a granel em quase todas as áreas da indústria é de fundamental importância o conhecimento das propriedades de fluxo, assim como os parâmetros geométricos dos silos (Mellmann, 2014).

As propriedades de fluxo, por sua vez, dependem da composição dos produtos e de suas características físicas, tais como a distribuição do tamanho das partículas, forma das partículas, a estrutura de superfície, peso específico, teor de água e a composição química (Crowley et al, 2014)

Jenike (1964) desenvolveu um aparelho de cisalhamento direto para a determinação das propriedades de fluxos dos produtos sólidos, denominado "Jenike Shear Tester", sendo seu uso recomendado pela maioria das normas internacionais. As propriedades de fluxo medidas através desta metodologia são o ângulo de atrito interno, o efetivo ângulo de atrito interno e o ângulo de atrito com a parede, a coesão, a função fluxo do produto e o fator fluxo da tremonha.

Ante o exposto, o objetivo desse trabalho foi determinar as propriedades de fluxo e as características de atrito do produto com a parede do silo, para açúcar cristal, açúcar de confeitado e açúcar demerara, utilizando a técnica de células de cisalhamento.

MATERIAL E MÉTODOS:

Os ensaios foram realizados no Laboratório de Construções Rurais e Ambiente (LaCRA) da Unidade Acadêmica de Engenharia Agrícola (UAEA) na Universidade Federal de Campina Grande (UFCG), em Campina Grande – PB.

O teor de umidade dos açúcares foi determinado pela pesagem de uma amostra de 10 g do produto antes e após a secagem em estufa a 105°C por 24 h. Para a determinação da granulometria foi utilizado o método de peneiramento, com amostra de 300 g durante 10 minutos em conjunto de peneiras vibratórias.

Para a determinação das propriedades de fluxo dados açúcares utilizou-se o Jenike Shear Tester, que permite com os dados obtidos traçar círculos de tensões de Mohr responsáveis por determinar o ângulo de atrito interno (ϕ_i), o efetivo ângulo de atrito interno (ϕ_e) e a Coesão (C) dos açúcares para os níveis de carga adotados. Além destas propriedades, ainda foi determinado o ângulo de atrito do produto com a parede (ϕ_w), confeccionada em acrílico.

RESULTADOS E DISCUSSÃO:

Baseados na classificação de Thomas (1979) que leva em consideração a predição de fluidez de Jenike (1964), o fluxo do açúcar cristal, açúcar de confeitado e açúcar demerara são classificados como a tabela 1 que segue.

Tabela 1 – Análise de fluidez

PRODUTO	FF	Análise da Fluidez
AC1	4,0	Produto de fluxo fácil
AC2	2,9	Produto coesivo
AC3	10,4	Produto que flui facilmente

AC1=açúcar cristal; AC2=açúcar de confeitado; AC3=açúcar demerara

Os açúcares cristal e demerara estudados têm características físicas bastante semelhantes, distinguindo-se demasiadamente do açúcar de confeitado. Isto é refletido na tabela 1 que demonstra o índice de fluidez dos três açúcares e quão distinto quanto ao fluxo eles são.

A tabela 2 expressa as propriedades de fluxo dos açúcares cristal, de confeitado e demerara e demonstra a semelhança entre esses produtos quanto a estas propriedades.

Tabela 2 – Propriedades de Fluxo do açúcar cristal (AC1), açúcar de confeitiro (AC2) e açúcar demerara (AC3)

Produtos	γ		ϕ		δ		C	ff
	inf	sup	inf	sup	inf	sup		
AC1	9,79	9,99	21	34	32	35	217	1,71
AC2	8,61	9,44	28	33	33	36	2128	1,60
AC3	9,02	9,35	32	34	31	32	572	1,66

γ = peso específico consolidado (KN.m⁻³); ϕ = ângulo de atrito interno (°); δ = efetivo ângulo de atrito interno (°); C = coesão (Pa); ff = fator fluxo

Com relação ao peso específico, os três açúcares tem valor aproximado ao normatizado na Eurocode1 (2006). Com relação ao ângulo de atrito interno, a norma estabelece valor aproximado a 32°. No geral, os três açúcares se comportaram com relação a esta propriedade dentro do estabelecido pela norma. No que diz respeito a coesão, enquanto o açúcar cristal apresenta coesão aproximada a 250 Pa, o açúcar de confeitiro tem sua coesão em 2130 Pa. Este feito deve-se a presença de amido na confecção deste tipo de açúcar.

CONCLUSÕES:

O açúcar demerara, embora tenha propriedades físicas muito aproximadas das características do açúcar cristal, apresentou uma necessidade de artifícios externos ao silo para que haja um fluxo facilitado.

O açúcar de confeitiro não descarrega por gravidade a menos que existam elementos, ao exemplo de vibradores, no silo.

REFERÊNCIAS

BS EN 1991-4- Eurocode 1. Actions on structures. Silos and tanks. 2006. 112p.

Crowley, S.V. Gazi, I Kelly, A.L. Huppertz, T. O'Mahony. J.A. Influence of protein concentration on the physical characteristics and flow properties of milk protein concentrate powders. Journal of Food Engineering, p. 31–38, 2014.

Jenike, A. W. Storage and flow of silos. Bulletin 123. Salt Lake City: University of Utah, p. 89, 1964.

Mellmann, J.; Hoffmann, T.; Fürll, Christian. Mass flow during unloading of agricultural bulk materials from silos depending on particle form, flow properties and geometry of the discharge opening. Powder Technology. V. 253, p. 46–52, 2014.