

RECOMENDAÇÕES DA NORMA AUSTRALIANA PARA CÁLCULO DAS AÇÕES EM SILOS

Guilherme Corrêa STAMATO¹, Carlito CALIL Júnior.²

RESUMO: Este trabalho apresenta as recomendações da norma australiana AS 3774 - 90:” Cargas em silos para armazenamento de sólidos”, analisando e discutindo os parâmetros adotados para determinação do tipo e da geometria do fluxo, dos parâmetros geométricos do silo e das propriedades dos produtos armazenados, utilizados na determinação das cargas permanentes e das cargas normais de serviço, além da classificação destes carregamentos e dos fatores de combinação que devem ser utilizados no cálculo das cargas atuantes em silos

PALAVRAS-CHAVE: silo, produtos armazenados, ações, norma australiana

ABSTRACT: This work presents the Australian Standards AS 3774 - 90 recommendations: “Loads on bulk solids containers” with the aim to analyse and discuss the principal parameters adopted by it in order to determine the types of flow, geometric parameters of containers and properties of bulk solids, used in the determination of permanent and accidental loads, also considering the loads classification, load combination and load factors.

KEYWORDS: silos, bulk solids, loads, Australian Standard.

INTRODUÇÃO: Dentro do processo de produção agrícola brasileiro, uma das fases onde há maior carência de estudos e desenvolvimento de projetos é a de estocagem dos produtos. Um grande exemplo desta falta de recursos técnicos e científicos é a inexistência de uma norma brasileira que dê subsídios para o cálculo estrutural e recomendações construtivas que evitem perda de produto por falhas de projeto. Desta carência de normalização técnica nacional, surge a necessidade de buscar informações nos códigos normativos internacionais, onde a Austrália figura entre os países de maior tradição na construção de silos.

O estudo das cargas nas paredes do silo é objeto de estudo há muitos anos, tendo como ponto de referência histórica o artigo de Janssen (1895) que propôs uma teoria de distribuição de tensões que até os dias atuais é a base da maioria dos modelos de cálculo especificados nos códigos normativos de todo o mundo.

No projeto de silos, existe uma grande preocupação da quantificação dos efeitos de muitas variáveis, tais como: geometria do fluxo e do silo, tipo de fluxo, propriedades dos sólidos, método de carregamento, vazão de carregamento, temperatura, etc., na distribuição das cargas. Porém, um exame nos procedimentos de cálculo mais usados para cargas na parede

¹ Mestrando, Departamento de Estruturas, EESC, USP, São Carlos-SP, Brasil.

E-mail: gstamato@sc.cisc.br

² Professor Doutor, Departamento de Estruturas, EESC, USP, São Carlos-SP, Brasil.

E-mail: calil@sc.cisc.br

indica que pouca atenção é dada para estas variáveis, além disso, segundo CALIL (1989), estes procedimentos incorporam limitações significantes, tais como: propriedades invariantes do material, estrutura de contenção completamente rígida e sem imperfeições geométricas, carregamentos sem impacto, sólidos considerados homogêneos, de comportamento isotrópico, e incompressíveis, entre outros. Estas considerações em geral são hipóteses simplificadoras, mas que podem distanciar os resultados teóricos dos valores reais.

Baseado nestas considerações, o objetivo deste trabalho é apresentar e discutir os critérios propostos pela norma australiana para determinação das cargas em silos de armazenamento de sólidos.

NORMA AUSTRALIANA (AS 3774-90): A norma australiana classifica os silos segundo sua geometria quanto a altura (silos baixos, medianamente baixos e altos), e quanto a seção transversal (circular, quadrado, retangular, inter-celular, poligonal, anelar e irregular). Quanto ao tipo de fluxo, classifica em: fluxo de massa, fluxo de funil, fluxo interno, fluxo expandido e fluxo excêntrico.

Para auxiliar o pré-dimensionamento da geometria da tremonha, a norma australiana apresenta dois gráficos com curvas limites entre fluxo de massa e fluxo de funil, em função do coeficiente de atrito interno do produto, o ângulo de inclinação e o tipo da tremonha.

A norma também classifica a geometria do fluxo como axissimétrico, plano, excêntrico ou de configuração de superfície livre excêntrica (em silos baixos). Apresenta também classificação quanto à rugosidade e flexibilidade das paredes, continuidade das paredes na direção vertical, configuração das saídas de descarga e meios que promovem o fluxo.

Os produtos armazenados são classificados segundo o diâmetro de suas partículas, sendo: pulverulento (<0,15mm), grãos finos (<3mm), grãos grossos (<12mm), blocos (>12mm) e irregulares (fibras, p. ex.).

Apresenta como propriedades relevantes para o cálculo das ações: peso específico do sólido, efetivo ângulo de atrito interno, ângulo de atrito com a parede e ângulo de repouso, e especifica que os valores a serem utilizados para cada propriedade devem ser baseados em: dados oferecidos pelo cliente; ou obtidos da tabela de propriedades dos produtos dada pela norma (esta norma apresenta as características de 23 produtos); ou obtidos a partir de ensaios, para os quais deve ser utilizado o aparelho de Jenike. As ações devem ser calculadas utilizando-se os limites superior e inferior de cada propriedade, visando obter o carregamento mais crítico.

Para a combinação das ações, apresenta uma tabela com 3 combinações de carregamentos, uma tabela com os valores recomendados para as propriedades dos produtos (máximo ou mínimo) para cada tipo de ação a ser calculado e os respectivos coeficientes de ponderação das ações para o estado limite último e de utilização.

Para as ações permanentes a maior e a menor estimativa deve ser utilizada com todas as combinações e a mais crítica deve ser utilizada. O peso próprio da estrutura inclui todas as cargas permanentes, tais como: peso próprio do silo e dos equipamentos instalados na cobertura ou suspensos sobre a tremonha.

A norma apresenta equações para o cálculo das pressões nas paredes e no fundo do silo, especificando como cargas iniciais aquelas devido ao comportamento estático do produto. Estes valores são aumentados ou diminuídos por coeficientes multiplicativos em que se levam em conta fatores como carregamento rápido de produtos pulverulentos de baixa

permeabilidade, misturadores pneumáticos, carregamentos excêntricos, descarga central e excêntrica, etc.. Além das equações para as tensões normais e forças de atrito iniciais nas paredes verticais, trazendo reduções para estas tensões quando se tratar de silos baixos.

Deve-se levar em conta também ações devido ao ambiente, tais como: ações do vento, recalque diferencial, diferenciais de temperatura, cargas sísmicas e cargas devido à expansão de sólidos.

Como ações excepcionais devem ser avaliados o impacto de veículos, explosões e contenção de água.

Apresenta 4 anexos com recomendações para a elaboração de uma ficha de dados e especificações de produtos a serem armazenados, para as propriedades dos produtos e testes para a determinação destas propriedades, e para pressão causada por explosão interna.

CONCLUSÕES E DISCUSSÕES: O modelo de cálculo utilizado pela norma australiana para cálculo das pressões nas paredes do silo é baseado no modelo proposto por Janssen, porém acrescentando diversos fatores de correção para se levar em conta variáveis cujo efeito é de difícil mensuração.

Como pontos interessantes, vale destacar as tabelas que a norma apresenta para combinações de ações que consideram os modernos critérios de dimensionamento pelo método dos Estados Limites.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS:

AUSTRALIAN STANDARDS. **Loads on bulk solids containers. AS 3774-90.**
Austrália. 63p. 1990.

CALIL JR., C. **Recomendações de fluxo e de cargas para o projeto de silos verticais.**
Tese (Livre Docência), São Carlos, EESC-USP, 1989, 198p.