ESTUDO DA INFLUÊNCIA DA UMIDADE NO ÂNGULO DE ATRITO E COESÃO DE SOJA ARMAZENADA[1].

Eduardo Suliman Bueno[2], Marcos Spindola[3], Luciano Pivoto Specht[4]. UNIJUÍ

INTRODUÇÃO: A região noroeste gaúcha destaca-se nacionalmente pela produção de soja, que acabou tornou-se a base da economia da região. Grande parte da produção fica armazenada na região, em cooperativas ou em propriedades particulares, devido principalmente à especulação de mercado por parte dos agricultores, que aguardam melhores preços do produto para então efetuar uma negociação rentável. A inviabilidade de escoamento por indisponibilidade logística ou até mesmo capacidade de escoamento das rodovias e dos depósitos requer um maior período de estoque. Durante este período, os silos são sujeitos a grandes carregamentos de esforços verticais e horizontais, como de peso próprio, de empuxo, ação do vento, etc. Para o cálculo destes esforços se faz necessário o conhecimento de algumas variáveis, como o ângulo de atrito interno "ϕ" (teoria de Rankine) e o atrito grão/estrutura "δ" (teoria de Coulomb). Neste trabalho pretende-se estudar as variáveis influentes nos esforços de empuxo lateral em silos e armazéns, baseados nas teorias de Rankine (estudo do atrito interno entre as partículas da amostra) e de Coulomb (que estuda também a tensão tangencial entre o grão e uma superfície em contato), pelo conhecimento do ângulo de atrito e da coesão dos grãos com diferentes teores de umidade. MATERIAL E MÉTODOS: Foram feitos ensaios de cisalhamento direto, com grãos de soja da safra 2003-2004 da região noroeste gaúcha. Para estudo da teoria de Rankine, foram feitos ensaios somente com grãos, já para os estudos da teoria de Coulomb, foi usada uma superfície metálica fornecida por uma empresa especializada na construção de silos metálicos. Tanto os ensaios grão-grão (GG) como os grão-superfície (GS), foram realizados com amostras em 3 diferentes umidades: 0%, 13.8% e 30%, considerando que estas representam, respectivamente, casos de umidade mínima, umidade de armazenamento usual (após passar por secagem; dentro do armazém apenas se mantém esta umidade) e umidade crítica (situação adversa de recebimento de grãos pós-colheita ou situação extrema pós-armazenamento por intemperismo ou falha de equipamentos de manutenção de umidade). Para cada umas destas umidades foram estudados 5 tensões de carregamento diferentes: 20, 100, 175, 200 e 250 kPa, simulando diferentes colunas de grãos armazenados. Os ensaios de cisalhamento direto visam determinar a resistência do material a uma força aplicada perpendicularmente ao eixo longitudinal da amostra; esta força cortante, aplicada na seção transversal (plano de tensão) provoca o cisalhamento. No estudo buscou-se, através destes ensaios, determinar o ângulo de atrito e a coesão dos grãos. Os passos do ensaio são: i) coloca-se a amostra na célula de cisalhamento; ii) aplica-se a tensão vertical definida; iii) procede-se o ensaio com velocidade controlada de 0,10 mm/min e toma-se nota da variação vertical e da variação de força na célula de carga. RESULTADOS: Após a execução dos ensaios e a comparação gráfica dos resultados, notou-se uma grande variação do ângulo de atrito em função da umidade, principalmente quando esta é igual a 13.8%, onde o ângulo de atrito é mais alto em relação aos outros teores. A variação do ângulo de atrito é bem mais acentuada quando analisamos a teoria de Coulomb (GS), onde se observa um salto de 6.17° (umidade 0%) para 18.98° (umidade 13.8%), voltando ao valor de 7.10° quando o teor de umidade é 30%. Observando a

[1]Projeto de Pesquisa DeTec/UNIJUI
[2]Acadêmico do curso de Engenharia Civil
[3]Mestrando em Modelagem Matemática
[4]Coordenador do Projeto de Pesquisa, Professor Doutor do DeTec

teoria de Rankine (GG), nota-se uma variação do ângulo de atrito semelhante a teoria de Coulomb, variando na seguinte ordem: 12.43°, 15.09° e 5.59°, para teores de umidade de 0, 13.8 e 30%. Ao analisar a variação da coesão em função da umidade, observam-se resultados bastante distintos. A coesão apresentou maiores valores no caso grão-superfície, tendo decréscimo, na ordem: 20.67, 11.67 a 10.42kPa para teores 0, 13.8 e 30% respectivamente. No caso grão-grão, obteve-se uma curva ascendente, que torna a cair quando a umidade é igual a 30%. Este caso apresentou menores valores de coesão, variando na ordem: 2.69, 5.45 a 4.53kPa para cada teor de umidade equivalente. CONCLUSÕES: A partir os ensaios e da análise dos resultados, pôde-se concluir que a umidade interfere diretamente nos valores do ângulo de atrito e da coesão dos grãos de soja. Os valores mais elevados de "ϕ" se encontram com umidade de 13.8%, que é a umidade média de armazenamento. Independente da teoria empregada (GG ou GS), o atrito apresenta comportamento semelhante, diferente da coesão, que é influenciada pela umidade e pelo caso estudado, mostrando que, além da umidade, a existência de uma superfície de contato pode influenciar no comportamento físico dos grãos.