

Modalidade do trabalho: Relatório técnico-científico

Evento: XXIV Seminário de Iniciação Científica

ESTUDO EXPERIMENTAL DAS CONDIÇÕES DE ESCOAMENTO DE GRÃOS¹

Victor Noster Kürschner², Lucas Da Rosa Kieslich³, Maurício Dos Santos Dessuy⁴, Manuel Osório Binelo⁵, Ricardo Klain Lorenzoni⁶, Eliezer José Balbinot⁷

¹ Projeto de pesquisa desenvolvido pelo Grupo de Matemática Aplicada e Computacional da UNIJUI.

² Bolsista PIBIC/CNPq, estudante de Engenharia Elétrica na UNIJUI - RS.

³ Bolsista PIBIC/CNPq estudante de Engenharia Elétrica na UNIJUI - RS.

⁴ Bolsista PIBIC/UNIJUI estudante de Ciências da Computação na UNIJUI - RS.

⁵ Orientador do bolsista e professor no curso de mestrado de Modelagem Matemática na UNIJUI - RS

⁶ Aluno de mestrado em Modelagem Matemática e Bacharel em Sistemas de Informação na UNIJUI - RS.

⁷ Aluno de mestrado em Modelagem Matemática e graduação em Matemática pela URI - RS.

INTRODUÇÃO

No processo agrícola referente a grãos, dois processos após a colheita são fundamentais: secagem e armazenamento.

1.1 Secagem

Antes de armazenar os grãos é necessário realizar sua secagem até um nível de umidade apropriado, pois alguns grãos são colhidos no auge de sua maturação fisiológica, período em que o teor de umidade no grão é elevado. Nestas condições o grão não pode ser armazenado, pois correm grandes riscos de criar fungos e insetos ocasionando sua rápida deterioração. Por isto a secagem correta dos grãos é um passo importante (De Lima, 2014).

Esta pesquisa foca em um secador artificial com fluxo misto de ar aquecido mecanicamente que atravessa a massa de grãos. Este tipo de secagem é o mais recomendado apesar de mais caro, pois não depende de condições meteorológicas e é capaz de secar os grãos com mais rapidez prevenindo problemas citados anteriormente.

O objetivo é estudar a modelagem do fluxo de grãos a partir de simulações numéricas, dentre algumas técnicas encontra-se o Método dos Elementos Discretos (MED). Com o intuito de obter resultados mais detalhados sobre o fluxo de grãos, este trabalho tem o objetivo de analisar as simulações do fluxo de grãos de milho e aveia em um secador com calhas de fluxo misto de ar.

1.2 Armazenamento de grãos

A produção de grãos é uma das principais atividades agrícolas do Brasil, sendo estimado 210,5 milhões de toneladas na safra 2015/16. Esse aumento equivale a 1,4% ou 2,8 milhões de toneladas em relação à safra 2014/15 (CONAB, 2015).

O processo de armazenagem é a atividade que consiste em guardar e conservar os grãos e garantir sua qualidade, independente do tempo em que seja mantido no silo (BROOKER, 1992). Por este motivo tem-se a necessidade do conhecimento das principais características de uma massa de grãos, onde será possível analisar seus principais fatores de risco como a umidade, temperatura e pragas, evitando perdas, que segundo Weber (2005) chega a 10% mesmo quando a massa é armazenada em condições ideais.

METODOLOGIA

O método matemático utilizado neste trabalho foi o Método dos Elementos Discretos (MED), um método numérico que analisa sistemas não lineares, perfeito para objetos granulares como os analisados nesta pesquisa.

Para que pudéssemos comprovar os dados gerados pelas simulações computacionais, foi construído um aparato idêntico ao modelo usado. Estas simulações computacionais são realizadas pelo software Yade. A comprovação dos dados é feita a partir de um vídeo registrando o escoamento no aparato em questão, após isto é utilizado o software Tracker, o qual é possível ter uma precisão do tempo de queda do grão. A partir deste último passo é comparado com a simulação feita no Yade a fim de comprová-la.

Modalidade do trabalho: Relatório técnico-científico

Evento: XXIV Seminário de Iniciação Científica

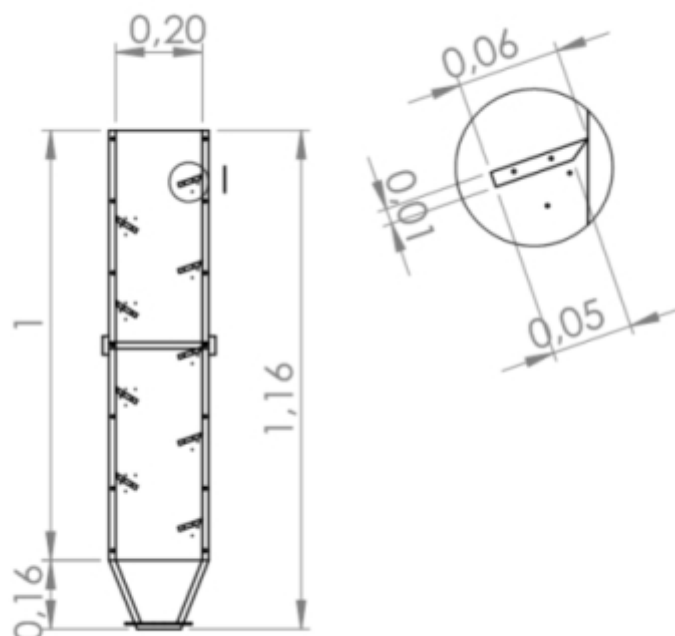


Figura 1 - Desenho do aparato e suas medidas.

O aparato utilizado é feito de madeira e consiste em nove calhas internas, como descritas na imagem, estas são utilizadas para realizar a mistura do grão enquanto o mesmo escoar, fazendo assim o fluxo de grãos nunca ser o mesmo em contato com as paredes do aparato. Ao total o equipamento tem 1,16 m de comprimento e 0,2 m de largura, nos experimentos analisados foi preenchido de grão até a metade do aparelho utilizado, ou seja, 0,58 m a partir da extremidade inferior do mesmo. Esta medida foi utilizada para reduzir o tempo de simulação no software, sem perder a exatidão dos resultados obtidos.

O experimento consiste em mudar a umidade do grão em seu estado natural, ou seco, e realizar o escoamento, a partir de um vídeo gravado ocorrem alterações em seu tempo de queda para cada parâmetro estipulado, como ângulo do aparato sobre a superfície, ângulo da calha interna e o tamanho da abertura pelo qual o grão é escoado.

Estes parâmetros são diferentes para cada variedade de grão, principalmente a abertura do aparato, que varia para milho e aveia, estas variações podem ser observadas nos resultados obtidos.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados obtidos são concretos e focados na umidade em que o grão se encontra na hora do escoamento, sendo o fator mais importante a ser analisado, pois este interfere diretamente no tempo de escoamento juntamente com o ângulo do aparato com a superfície. Os valores obtidos serão demonstrados em tabelas descritas a seguir:

3.1 Milho

Modalidade do trabalho: Relatório técnico-científico

Evento: XXIV Seminário de Iniciação Científica

Descrição vídeo	<u>queda-1</u>	<u>queda -2</u>	<u>queda -3</u>	<u>queda -4</u>	<u>queda -5</u>
Umidade	12,4%	12,4%	12,4%	12,4%	12,4%
Ângulo de repouso	32°	32°	32°	32°	32°
Temperatura	19,5°	19,5°	19,5°	19,5°	19,5°
Ângulo calha	60°	60°	60°	60°	60°
Ângulo aparato	90°	90°	60°	60°	60°
Abertura aparato	3,5x3	3,5x3	3,5x3	3,5x3	3,5x3
Tempo de Descarga	12,147s	11,841s	12,708s	12,045s	11,637s

Tabela 1 - Parâmetros com milho seco.

Descrição vídeo	<u>queda-6</u>	<u>queda-7</u>	<u>queda-8</u>	<u>queda-9</u>	<u>queda-10</u>
Umidade	19,4%	19,4%	19,4%	19,4%	19,4%
Ângulo de repouso	34°	34°	34°	34°	34°
Temperatura	19,1°	19,1°	19,1°	19,1°	19,1°
Ângulo calha	60°	60°	60°	60°	60°
Ângulo aparato	90°	90°	90°	90°	90°
Abertura aparato	3,5x3	3,5x3	3,5x3	3,5x3	3,5x3
Tempo de Descarga	11,79s	12,555s	12,198s	13,016s	11,381s

Tabela 2 - Milho umedecido e com uma pequena variação no ângulo de repouso.

Descrição vídeo	<u>queda-11</u>	<u>queda-12</u>	<u>queda-13</u>	<u>queda-14</u>	<u>queda-15</u>
Umidade	23,2%	23,2%	23,2%	23,2%	23,2%
Ângulo de repouso	37°	37°	37°	37°	37°
Temperatura	19,0°	19,0°	19,0°	19,0°	19,0°
Ângulo calha	60°	60°	60°	60°	60°
Ângulo aparato	90°	90°	90°	90°	90°
Abertura aparato	3,5x3	3,5x3	3,5x3	3,5x3	3,5x3
Tempo de Descarga	13,371s	travou	travou	travou	travou

Tabela 3 - Milho com maior umidade e pequena variação no ângulo de repouso.

As tabelas nos mostram a influência da umidade na variação do tempo de queda, e muitas vezes travando no meio do processo. Quando analisamos o grão mais úmido temos que analisar seu atrito com a superfície, que aumenta gradativamente quanto maior sua umidade. Analisando pela numeração das quedas dos grãos podemos ver que para uma mesma abertura, e uma variação no ângulo de repouso, que pode ser analisado como a diferença de atrito que o grão possui em cada parâmetro de umidade.

Modalidade do trabalho: Relatório técnico-científico

Evento: XXIV Seminário de Iniciação Científica

A disposição dos grãos em cada escoamento varia cada vez em que é derramado no aparato, isso é um problema, pois a cada queda podem ocorrer mudanças não lineares na forma em que o grão escoar. Por isso é utilizado o Método dos Elementos Discretos (MED) para realizar as análises computacionais, pois se trata de um sistema não linear. Um dos problemas em analisar grãos com formas geométricas que se diferem de uma esfera é a simulação demorada devido à utilização de mais parâmetros para a montagem da forma do grão.

3.2 Aveia

Descrição vídeo	<u>queda-1</u>	<u>queda-2</u>	<u>queda-3</u>	<u>queda-4</u>	<u>queda-5</u>
Umidade	26,2%	26,2%	26,2%	26,2%	26,2%
Ângulo de repouso	34°	34°	34°	34°	34°
Temperatura	25,4°	25,4°	25,4°	25,4°	25,4°
Ângulo calha	60°	60°	60°	60°	60°
Ângulo aparato	90°	90°	90°	90°	90°
Abertura aparato	4,8x3	4,8x3	4,8x3	4,8x3	4,8x3
Tempo de Descarga	5,332s	5,465s	4,466s	5,165s	4,999s

Tabela 4 - Parâmetros de aveia úmida com abertura específica.

Descrição vídeo	<u>queda-6</u>	<u>queda-7</u>	<u>queda-8</u>	<u>queda-9</u>	<u>queda-10</u>
Umidade	26,2%	26,2%	26,2%	26,2%	26,2%
Ângulo de repouso	34°	34°	34°	34°	34°
Temperatura	25,4°	25,4°	25,4°	25,4°	25,4°
Ângulo calha	60°	60°	60°	60°	60°
Ângulo aparato	90°	90°	90°	90°	90°
Abertura aparato	2,5x3	2,5x3	2,5x3	2,5x3	2,5x3
Tempo de Descarga	17,096s	17,53s	10,331s	16,196s	travou

Tabela 5 - Parâmetros de aveia úmida com abertura específica.

Descrição vídeo	<u>queda-11</u>	<u>queda-12</u>	<u>queda-13</u>	<u>queda-14</u>	<u>queda-15</u>
Umidade	27,2%	27,2%	27,2%	27,2%	27,2%
Ângulo de repouso	37°	37°	37°	37°	37°
Temperatura	25,4°	25,4°	25,4°	25,4°	25,4°
Ângulo calha	60°	60°	60°	60°	60°
Ângulo aparato	90°	90°	90°	90°	90°
Abertura aparato	4,8x3	4,8x3	4,8x3	4,8x3	4,8x3
Tempo de Descarga	6,248	4,466s	4,699s	6,166s	5,499s

Modalidade do trabalho: Relatório técnico-científico

Evento: XXIV Seminário de Iniciação Científica

Tabela 6 - Parâmetros de aveia úmida com abertura específica.

Neste experimento com aveia foi feito para uma mesma umidade duas aberturas do aparato diferentes, como mostrado na tabela 4 e na tabela 5. Ao diminuir a abertura o tempo de escoamento aumenta drasticamente, mesmo que o atrito seja o mesmo. Na tabela 6 temos uma umidade próxima da tabela 5, e mantendo a mesma abertura podemos analisar a variação do tempo de descarga, mais uma vez comprovando um sistema não linear, sendo os padrões de escoamento da massa de grãos ao longo do processo de descarga é diferente a cada preenchimento do aparato.

Para a determinação dos ângulos de repouso foi utilizado um instrumento construído no próprio laboratório, feito de madeira com uma das paredes em acrílico transparente, para a visualização do grão. O mecanismo consiste em receber a descarga do grão pela sua extremidade superior, e armazená-lo em seu meio até formar um ataudé, sendo possível extrair o ângulo no qual o mesmo repousou.

As medidas do instrumento são: altura de 30 cm, comprimento externo de 33,5 cm, largura interna de 4,75 cm e comprimento interno de 30,5 cm. Seu funcionamento é simples, foi colocado um funil no topo do mesmo, centralizado, a partir do funil é derrubado o grão que conforme aumenta seu volume se dispõem na forma de ataudé, sendo possível a partir de um transferidor medir seu ângulo.



Modalidade do trabalho: Relatório técnico-científico

Evento: XXIV Seminário de Iniciação Científica

Figura 2 - Instrumento utilizado para retirar o ângulo de repouso dos grãos.

CONCLUSÃO

Neste trabalho desenvolveu-se o estudo prático com grãos de milho e aveia em um secador de grãos de fluxo misto, cuja forma do secador foi adaptada a um aparato descrito no artigo, onde é possível realizar simulações reais com os grãos. Os resultados obtidos serão analisados e simulados a partir do Método dos Elementos Discretos (MED) no software Yade, sendo estas simulações utilizadas para a validação dos resultados práticos em busca de um modelo matemático viável para as variedades de grãos adotadas.

PALAVRAS-CHAVE: Método dos Elementos Discretos, Milho, Aveia, Escoamento de grãos, Aparato experimental.

AGRADECIMENTOS

Aos professores coordenadores do projeto, Doutor Oleg Khatchatourian e Doutor Manuel Osório Binelo, pela oportunidade da pesquisa realizada e pela oportunidade de participar no projeto em questão. Aos coautores deste trabalho pelas orientações e auxílios em geral. A todos de uma maneira ou outra contribuíram para a realização deste trabalho.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] BROOKER, D. B. BAKKER-ARKEMA, F. W.; HALL, C. W. (1992). Drying and Storage of Grains and Oilseeds. AVI Book, New York.
- [2] CONAB (2015). Monitoramento agrícola □ Cultivos de inverno (safra 2015) e de verão (safra 2015/16). Disponível em . Acessado em: 29 de junho, 2016, 18:30:10.
- [3] DE LIMA, RODOLFO FRANÇA (2014). Modelagem matemática do escoamento de grãos de soja em um secador com fluxo misto usando o método dos elementos discretos.
- [4] WEBER, E. A. (2005). Excelência em beneficiamento e armazenamento de grãos. Canoas, RS: Editora Salles.