

Modalidade do trabalho: Relatório técnico-científico
Evento: XXIV Seminário de Iniciação Científica

MODELAGEM COMPUTACIONAL DO ESCOAMENTO DE GRÃOS DE SOJA EM UM SECADOR UTILIZANDO O MÉTODO DOS ELEMENTOS DISCRETOS¹

**Eliezer José Balbinot², Manuel Osório Binelo³, Victor Noster Kürschner⁴, Lucas Kieslich⁵,
Maurício Dos Santos Dessuy⁶.**

¹ Departamento de Ciências Exatas e Engenharia, Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul, UNIJUÍ, Ijuí, RS.

² Trabalho de uma das etapas da dissertação de Mestrando em Modelagem Matemática. Aluno do programa de Mestrado e Doutorado em Modelagem Matemática da UNIJUÍ, Bolsista Prosup Capes-
eliezer.balbinot@hotmail.com.

³ Professor do Programa de Mestrado e Doutorado em Modelagem Matemática da UNIJUÍ-
manuel.binelo@gmail.com

⁴ Aluno do Curso de Graduação em Engenharia Elétrica da UNIJUÍ, Bolsista PIBIC/CNPq-
vickurschner@hotmail.com

⁵ Aluno do Curso de Graduação em Engenharia Elétrica da UNIJUÍ, Bolsista PIBIC/CNPq-
lucas.kieslich@hotmail.com

⁶ Aluno do Curso de Graduação em Ciências da Computação da UNIJUÍ, Bolsista PIBIC/UNIJUI -
dessuyjos@yahoo.com.br

1 INTRODUÇÃO

A secagem dos produtos agrícolas destina-se a retirar a água presente no grão até um nível adequado ao armazenamento e conservação do mesmo sem alterar as propriedades físicas, químicas e biológicas do produto. Sua importância se dá na antecipação da colheita, na conservação das propriedades do grão e na barreira contra o desenvolvimento de microrganismos e insetos quando o grão é armazenado (WEBER, 2001).

A recomendação adequada para a comercialização e armazenagem dos produtos agrícolas é que o grão atinja teores de umidade em torno de 12 a 14% (b.u), dependendo das condições do clima e do tempo de armazenamento (WEBER, 2001). A secagem artificial é o processo mais recomendado para que se alcance tais teores de umidade. Esse processo é caracterizado pela passagem do fluxo de ar aquecido pela massa do grão, por meio de secadores, que são os equipamentos utilizados para a secagem artificial de produtos agrícolas.

Pesquisadores como Montellano e et al. (2011), Mellmann e et al. (2011), Boac e et al. (2010), Khatchatourian; Binelo; Lima (2014), Bortolaia (2011), Keppler e et al. (2011) e Mellmann e Weigler (2014), têm se dedicado a análise do escoamento de materiais granulares em silos e secadores de grãos através de simulações numéricas. Entre as técnicas de simulação numérica utilizadas está o Método de Elementos Discretos (MED), que consiste em um método de simulação numérica de interação entre um número finito de partículas discretas devido a forças de contato e não-contato, dentro de um sistema móvel ou fixo. Em cada contato as interações entre as partículas são monitoradas individualmente e o sistema é modelado através da Segunda Lei de movimento de Newton (MONTELLANO, et al., 2011; MESQUITA, et al., 2012).

Modalidade do trabalho: Relatório técnico-científico

Evento: XXIV Seminário de Iniciação Científica

Com base na importância da secagem de produtos agrícolas e considerando os benefícios que a prática pode oferecer aos produtores e a qualidade final do produto, é de fundamental importância realizar pesquisas nessa área, tendo em vista que a colheita dos produtos agrícolas no Brasil ocorre com elevados índices de umidade. Desta forma, o tema deste artigo é a modelagem computacional do escoamento de grãos de soja em um secador com fluxo misto, aplicando o Método dos Elementos Discretos, a fim de investigar o comportamento da massa de grãos ao longo do secador.

O presente estudo está assim organizado: na seção 2, apresenta-se a metodologia desenvolvida para a realização deste estudo. Na seção 3, aborda-se o contexto histórico sobre o cultivo mundial de soja. Na seção 4, apresenta-se o Método dos Elementos Discretos e na seção 5, apresenta-se os resultados e discussões desenvolvidas com a realização do estudo. Por fim apresenta-se as conclusões obtidas além de sugestões para trabalhos futuros, que poderão acrescentar ou implementar o artigo aqui realizado.

2 METODOLOGIA

A metodologia utilizada para a realização da pesquisa é de ordem qualitativa e exploratória, constituída na busca de informações sobre o estudo em livros, internet, artigos, dissertações e teses. Inicialmente, foi realizado um estudo teórico-bibliográfico de conceitos que regem sobre a origem da soja no mundo e sobre o Método dos Elementos Discretos. Ao mesmo tempo, foi realizado experimentos, em um aparato experimental, que representa parcialmente as características de um secador, de modo a coletar dados. Após coletados os dados, os mesmos foram analisados procurando possíveis influências do escoamento dos grãos ao longo do aparato.

Com os dados coletados, foi implementado um modelo de aparato idêntico ao modelo utilizado nos experimentos, de modo a confrontar e validar os dados gerados pelas simulações realizadas com um software Woo. Tal confronto permitiu validar os parâmetros e realizar os devidos ajustes para que o modelo simula-se com a maior precisão possível o escoamento dos grãos pelo aparato.

3 BREVE CONTEXTO HISTÓRICO DO CULTIVO MUNDIAL DE SOJA

As primeiras formas de utilização da soja surgiram no Norte da China, há aproximadamente 5.000 anos, pelo então imperador Shen Nung. A oleaginosa, por sua vez, era tida como um dos cinco “grãos sagrados” essenciais à estabilidade da civilização chinesa. A partir da sua origem, a soja expandiu-se posteriormente ao Sul da China, Coreia, Japão e Sudoeste da Ásia. No Ocidente, sua inserção ocorreu no final do século XV e início do século XVI com a vinda dos navios europeus à Ásia. (REVISTA FUNCIONAIS & NUTRACÊUTICOS, 2007).

Já na América do Norte, a soja foi inserida nos Estados Unidos em 1804, sendo vista como uma planta promissora para forragem e produção de grãos. Porém, segundo Brum (1993), a oleaginosa se consolidou somente a partir de 1900, devido à inter-relação da economia, do comércio e da política adotada no país, que incentivou a produção e o consumo do grão. No Brasil seu surgimento se dá no estado da Bahia em 1882, sendo posteriormente implantada no estado de São Paulo por imigrantes japoneses. Em 1914, por possuir condições edafoclimáticas propícias, a variedade foi introduzida no estado do Rio Grande do Sul (BLACK, 2000 apud FREITAS, 2011). A Figura 1 ilustra a origem e a difusão da soja pelo mundo.

Modalidade do trabalho: Relatório técnico-científico
Evento: XXIV Seminário de Iniciação Científica

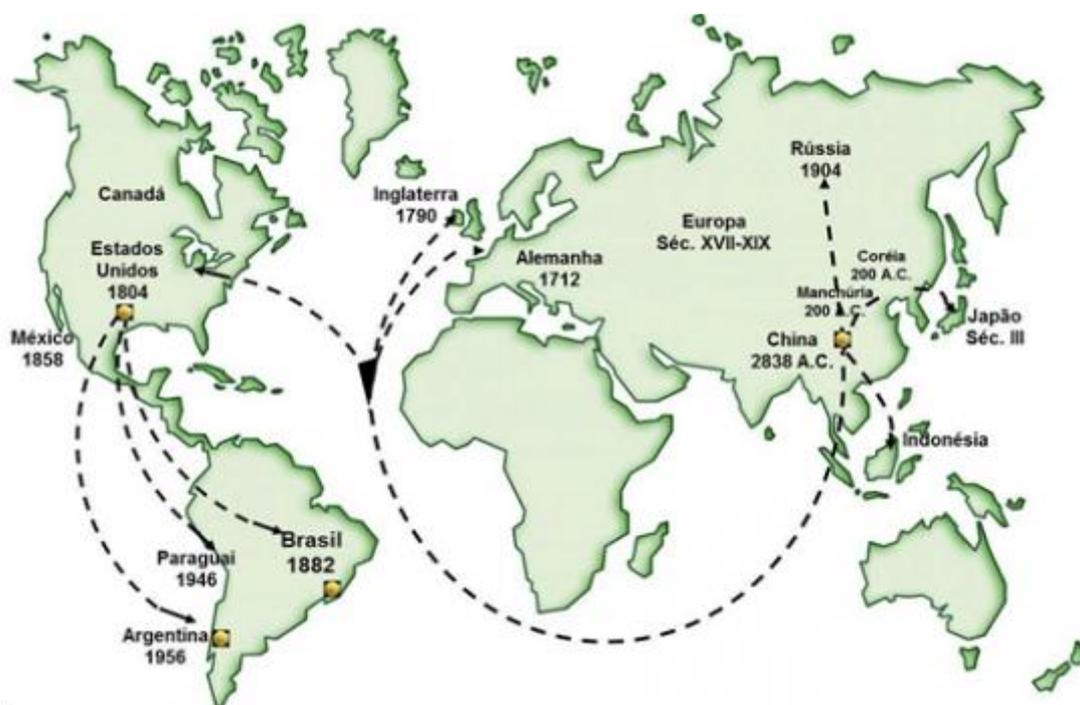


Figura 1 - Origem e difusão geográfica da soja.

Por muito tempo a região Sul do Brasil foi a maior produtora de soja do país, sendo responsável, em 1960, por aproximadamente 98% da produção nacional. Já na década de 70 a soja firmou-se como o principal produto agrícola brasileiro. Nas décadas seguintes devido aos grandes investimentos tecnológicos, a topografia apropriada para máquinas de grande porte e a incentivos fiscais, a produção de soja estoura na região Centro Oeste do Brasil, tendo o estado do Mato Grosso como maior produtor nacional de soja do país (LIMA, 2014).

Com os avanços tecnológicos e científicos, a produção brasileira de soja cresceu consideravelmente, expandindo-se pelas mais diversas regiões do país e tornando o Brasil uma potência mundial na produção do grão. Segundo Freitas (2011), as técnicas de correção da acidez do solo, o processo de inoculação das sementes para fixação biológica do nitrogênio e a adubação balanceada, proporcionaram a oleaginosa propagar a sua potencialidade para as diferentes condições edafoclimáticas existentes no território brasileiro.

Outro fator que coloca o Brasil entre um dos maiores produtores é a implantação do manejo integrado de pragas, devido ao uso de fungicidas para controle das principais doenças. Merece destaque, também, o desenvolvimento do setor de máquinas e implementos agrícolas que proporcionou o aperfeiçoamento do cultivo e a implantação de biotecnologia com sementes transgênicas.

4 MÉTODO DOS ELEMENTOS DISCRETOS

O Método dos Elementos Discretos (MED) consiste em um método de simulação numérica de interação entre um número finito de partículas discretas devido a forças de contato e não-contato, dentro de um sistema móvel ou fixo. Cundall e Strack, (1979), introduziram o estudo na modelagem

Modalidade do trabalho: Relatório técnico-científico
Evento: XXIV Seminário de Iniciação Científica

de sistemas bem simples. Com o avanço da tecnologia computacional, a partir da década de 90, os tamanhos dos modelos aumentaram consideravelmente. Atualmente, o método possui grande aplicação em escala industrial, em 3D e em sistemas com geometrias complexas (MESQUITA, et al., 2012).

O MED possibilita a investigação do comportamento mecânico de materiais granulares em níveis micro e macro, além de monitorar a interação das partículas discretas contato por contato, e modelar o movimento das partículas, partículas por partícula (GENG, 2010). Dentro do conjunto global de um sistema, as partículas se distribuem de forma aleatória, possibilitando a formação de meios com partículas possuindo diferentes tamanhos ao longo do conjunto. Já o movimento das partículas ocorre pelo desenvolvimento da 2ª lei de Newton através de integração numérica (MESQUITA, et al., 2012).

O Método de Elementos Discretos está se tornando uma ferramenta efetiva, na avaliação de problemas de engenharia, possuindo várias áreas de abrangência. Entre essas áreas, destacam-se aplicações na indústria farmacêutica e de alimentos, na mineração, no desenho de construções, terraplanagem e máquinas agrícolas, no comportamento do material granular em silos e tremonhas.

5 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Inicialmente foram realizados experimentos em laboratório, de modo a analisar o fluxo de descarga e o comportamento dos grãos de soja durante o escoamento dos grãos ao longo do aparato experimental. Para tanto foi utilizado soja com 23,3% de umidade e a abertura do aparato em 3x2,5 cm. Os dados gerados pelos experimentos foram filmados com uma câmera digital.

Posteriormente, foi realizada a simulação com o software Woo, que consiste em um programa de computação de código aberto implementado em linguagem de programação Python que foi desenvolvido por Václav Smilauer de modo a implementar o Método dos Elementos Discretos.

A Tabela 1 resume os valores usados para as propriedades das partículas. A densidade, módulo de Young, coeficiente de Poisson e coeficiente de atrito de rolamento das partículas, determinadas conforme Boac et al. (2010), trabalho no qual os pesquisadores estudaram detalhes do fluxo de grãos de soja.

Variável	Soja	Unidade
Densidade	1159	Kg/m ³
Módulo de Young	2.6E+06	Pa
Ângulo de Atrito	0.4712	Radianos
Coefficiente de Poisson	0,25	-
Passo de tempo	3.8E+6	-

Tabela 1 - Parâmetros de entrada para a modelagem MED.

A Figura 2 apresenta um comparativo entre o experimento e a simulação realizada com o software Woo em diferentes momentos, durante o escoamento dos grãos ao longo do aparato.

Analisando visualmente os resultados obtidos com a simulação, percebe-se que os parâmetros utilizados no modelo precisam de ajustes para que o MED possa prever de forma eficaz e real, o real comportamento dos grãos. Além disso, percebe-se que os grãos localizados mais ao centro do

Modalidade do trabalho: Relatório técnico-científico
Evento: XXIV Seminário de Iniciação Científica

aparato possuem menor tempo de permanência no aparato do que os grãos localizados mais próximos as paredes do mesmo.

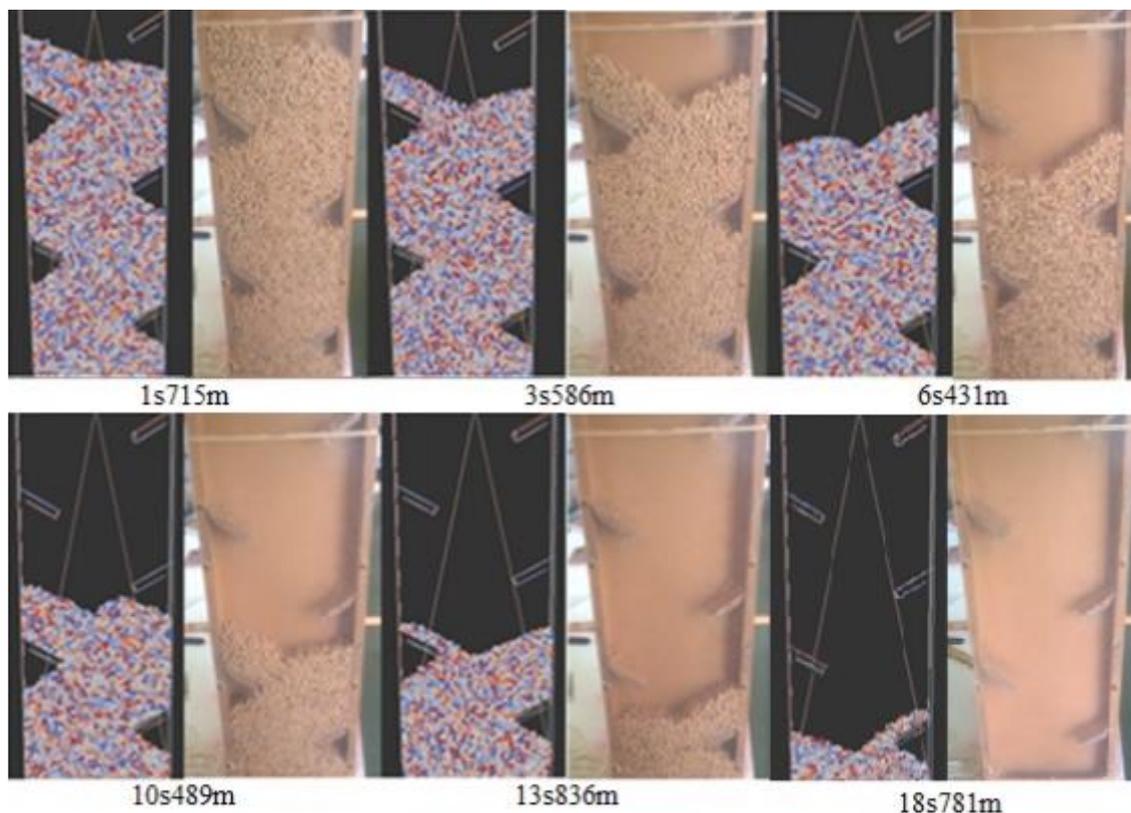


Figura 2 - Comparação do escoamento em diferentes estágios de descarga, com abertura da tampa de 3x2, 5 cm e umidade da soja de 23,3%.

6 CONCLUSÕES

A capacidade do modelo para prever o fluxo de descarga foi analisada através do confrontando dos resultados obtidos com os observados em um aparato experimental. Conclui-se que o MED é uma ferramenta muito eficaz para modelar o fluxo de material granular, porém, para o tema em estudo, seus parâmetros precisam ser calibrados para que a simulação represente o real comportamento da massa dos grãos e para que o tempo de escoamento da simulação e do experimento seja o mesmo.

Como sugestões para trabalhos futuros pode-se investigar se as propriedades físicas como a umidade e morfológicas como o tamanho e a forma dos grãos influenciam na dinâmica do escoamento, além de realizar os devidos ajustes para que o modelo simule com maior precisão possível o escoamento de grãos

REFERÊNCIAS

BOAC, J. M, et al. Material and interaction properties of selected grains and oilseeds for modeling discrete particles. Transactions of the American Society of Agricultural and Biological Engineers, [S.I.], p. 1201-1216, 2010.

BRUM, A. L. O Brasil na história da economia mundial da soja. Ijuí: UNIJUÍ, 1993.

Modalidade do trabalho: Relatório técnico-científico

Evento: XXIV Seminário de Iniciação Científica

CUNDALL, P. A.; STRACK O. D. L. A Discrete Numerical Model for Granular Assemblies. *Géotechnique*, [S.I.], p. 47-65, 1979.

FREITAS, M. C. M. A cultura da soja no Brasil: o crescimento da produção brasileira e o surgimento de uma nova fronteira agrícola. *ENCICLOPÉDIA BIOSFERA*, Goiania, vol.7, n.12, 2011.

GENG, Yang. Discrete Element Modelling of Cavity Expansion in Granular Materials. 2010. 216 f. Tese de doutorado – University of Nottingham. Reino Unido, 2010. Disponível em: <http://eprints.nottingham.ac.uk/11858/2/Yan_Geng_PhD_thesis.pdf>. Acesso em: 2 nov. 2015.

LIMA, R. F. de. Grãos de soja em um secador com fluxo misto usando o método dos elementos discretos. 2014. 87 f. Dissertação de mestrado (Modelagem Matemática) – Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul. – UNIJUI. Ijuí, 2014.

MESQUITA, A. et al. Uso do método dos elementos discretos em manuseio de minérios e sua contribuição para a pós-graduação e graduação no curso de engenharia mecânica da UFPA. In: Congresso Brasileiro de Educação em Engenharia 2012. Anais..., Belém, 2012.

MONTELLANO, C. et al. Validation and experimental calibration of 3D discrete element models for the simulation of the discharge flow in silos. *Chemical Engineering Science*, [S.I.], vol 66, p. 5116 – 5126, 2011.

Revista Funcionais & Nutracêuticos. A soja: história, tendências e virtudes. São Paulo, Insumos, p. 28-40, 2007. Disponível em <<http://www.insumos.com.br/>>. Acesso em: 10 ago. 2015.

WEBER, E. A. Armazenagem Agrícola. Guaíba: Agropecuária, 2001.