

Compactação de Grãos de Soja e sua Simulação Computacional

Daniel Petravicius ¹

Departamento de Ciências Exatas e Engenharias DCEEng, UNIJUÍ, Ijuí, RS

Ricardo Klein Lorenzoni ²

Departamento de Ciências Exatas e Engenharias DCEEng, UNIJUÍ, Ijuí, RS

Manuel Osorio Binelo ³

Departamento de Ciências Exatas e Engenharias DCEEng, UNIJUÍ, Ijuí, RS

Resumo. Neste trabalho serão relatados os procedimentos práticos e de simulação computacional utilizados para se observar como se comporta a compactação de grãos de soja em um copo cilíndrico com a atuação de diferentes forças peso neste conjunto de grãos. As simulações computacionais para a observação deste fenômeno são elaboradas por meio do método dos elementos discretos e com o auxílio do software Yade-DEM. Foram obtidos resultados conclusivos referentes a este experimento, de modo que pretende-se extê-los e aprimorá-los, em uma pesquisa futura, a experimentos com um volume maior de grãos de soja e com medições de maior precisão referentes às propriedades dos grãos, à compactação e às propriedades gerais que estão relacionadas a este procedimento.

Palavras-chave. Método dos Elementos Discretos, Yade-DEM, Compactação, Grãos de soja

1 Introdução

Na secagem de grãos por fluxo de ar, vários procedimentos interferem no modo em que esse procedimento ocorre e na qualidade dos grãos pós-secagem. Entre eles, destacam-se a quantidade de resíduos entre o material submetido à secagem, a quantidade de ar entre os grãos, o fluxo de ar entre os grãos, e também o modo como ocorre a transferência de calor e de massa no interior de cada grão, além de outros não especificados.

Este trabalho busca observar o processo que interfere no volume de ar entre os grãos de soja (porosidade), por meio da compactação deste material com a adição de forças peso na camada mais alta de grãos de soja alocados em um recipiente limitado.

Com maior compactação dos grãos, a porosidade diminui, o que diminui por consequência o fluxo de ar de secagem e resfriamento entre estes grãos. Portanto, espera-se

¹nithael_br@hotmail.com

²ricolorenzoni@gmail.com

³manuel.binelo@gmail.com

com este trabalho obter motivações e ideias iniciais para pesquisas com relação à porosidade entre os grãos e assimilar conceitos para a aplicação do método dos elementos discretos através do uso do software Yade, com procedimentos obtidos durante a revisão de [5].

2 Objetivos e Método

O objetivo deste trabalho é coletar dados reais sobre como se comporta a altura de 219g de grãos de soja, alocados dentro de um copo cilíndrico de vidro de 125mm de altura e 60mm de diâmetro em sua base. Esses grãos foram submetidos a quatro etapas de compactação, onde cada etapa foi caracterizada pelo aumento da força peso atuante sobre a camada superior do conjunto de elementos dentro do copo. Com esses dados foi possível realizar comparações com a simulação computacional do experimento.

A primeira etapa foi considerada como o momento em que apenas os grãos dentro do copo estavam em observação e gerando alguma força peso a este sistema. Na etapa 2, a compactação começa efetivamente, através da adição de um copo de plástico (com formato capaz de pressionar a camada superior de grãos, e por consequência, o sistema todo de grãos) e um bloco de concreto acima. Para as etapas 3 e 4, foi usado um método análogo ao da etapa 2, exceto pelo fato de que na etapa 3 foram utilizados dois blocos de concreto, e na etapa 4, três blocos de concreto.

A compactação foi mensurada através da altura dos grãos em cada etapa. Naturalmente, a cada etapa a altura do conjunto de grãos diminuía, ou seja, a diferença de altura entre cada etapa em relação à etapa 1 aumentava. A etapa 1 foi tratada como sendo de compactação 0mm. Assim, em cada uma das três etapas que seguiram, bastou observar a quantidade de altura que o sistema perdeu, e assim foram coletados os dados desse experimento para que pudéssemos comparar com a simulação computacional.

3 Dados Obtidos pelo Experimento Prático

Através do uso de um paquímetro, de marcações realizadas no copo compactador e da pesagem das massas de todos os objetos envolvidos no sistema (exceto pelo copo de vidro que serviu como recipiente dos grãos) foram obtidas compactações e pesos atuantes no sistema em cada etapa. Esses dados são apresentados na tabela 1.

Tabela 1: Compactações obtidas em cada etapa por medição com paquímetro.

Etapa	Massa total atuando sobre os grãos	Compactação medida
1	219g	0mm
2	1097g	3, 2mm
3	1966g	4, 2mm
4	2794g	5, 0mm

Com estes dados obtidos, pudemos avançar para a simulação computacional, buscando validar as medidas obtidas através deste experimento prático.

4 Dados Obtidos pela Simulação Computacional

Para a simulação computacional foi utilizado o software Yade, que se baseia no método dos elementos discretos. Para tal, o copo de vidro foi adaptado para um paralelepípedo de mesmo material e com base quadrada, de modo que a altura e o volume total do experimento prático fossem preservados. Além disso, os grãos de soja foram adaptados para esferas de raio 3,08mm assumindo-se um desvio padrão de 0,2739mm e a aceleração da gravidade adotada foi de $9,81\text{m.s}^{-2}$.

Além disso, para as simulações no Yade precisamos apresentar parâmetros para os materiais envolvidos na simulação. Esses parâmetros específicos do material são a densidade, que consiste na razão entre massa e volume, o número de Poisson, que avalia a deformação transversal, o módulo de Young, que mensura a rigidez de um material sólido e o ângulo de fricção, que representa o ângulo de resistência ao atrito dinâmico. Estes parâmetros são apresentados nas tabelas 2 e 3.

Tabela 2: Parâmetros utilizados para os grãos de soja, extraídos de [1] e [2].

Material	Grão de soja
Densidade	1159kg.m^{-3}
Número de Poisson	0,25
Módulo de Young	$2,6\text{e}6\text{Pa}$
Ângulo de Fricção	$0,4712\text{rad}$

Tabela 3: Parâmetros utilizados para o vidro, extraídos de [3] e [4].

Material	Vidro
Densidade	2455kg.m^{-3}
Número de Poisson	0,28
Módulo de Young	$8,9\text{e}10\text{Pa}$
Ângulo de Fricção	$0,4887\text{rad}$

Por meio da simulação computacional, foram obtidas as compactações mostradas na tabela 4.

Na simulação computacional, não foram adicionados pesos em cada uma das etapas do experimento. Ao invés disso, esta mudança de peso no sistema foi adaptada para a alteração na aceleração gravidade seguindo uma proporção em relação aos dados obtidos no experimento prático. Para cada alteração no valor da gravidade, o sistema observado na simulação levava menos de meio segundo para estabilizar, então para garantirmos uma imagem com o sistema estável, cada uma das quatro etapas da simulação durou 1 segundo.

Tabela 4: Compactações obtidas em cada etapa por simulação computacional.

Etapa	Aceleração da gravidade atuando nas esferas da simulação	Compactação medida
1	$9,81\text{m.s}^{-2}$	0mm
2	$49,05\text{m.s}^{-2}$	2,89mm
3	$88,09\text{m.s}^{-2}$	4,16mm
4	$125,18\text{m.s}^{-2}$	5,43mm

Para observarmos o efeito da compactação, foram extraídas imagens da etapa 1, aos 0,9s de simulação, da etapa 2, aos 1,9s de simulação, da etapa 3, aos 2,9s de simulação e da etapa 4, aos 3,9s de simulação, conforme podemos verificar na figura 1.

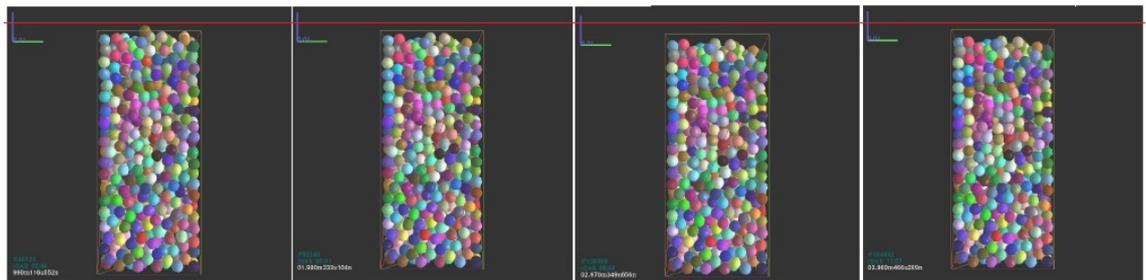


Figura 1: Representação dos grãos após aproximadamente 0,9s, 1,9s, 2,9s e 3,9s, respectivamente, de simulação.

A medição da compactação foi realizada através da observação da altura máxima do conjunto dos grãos em cada etapa, sendo que a compactação na primeira etapa foi tratada como 0mm. Para esta observação, foi utilizado o comando:

$$\max([b.state.pos[2] \text{ for } b \text{ in } O.bodies]) ,$$

que nos fornece a altura do grão que estiver na posição mais alta neste conjunto de esferas simuladas.

5 Resultados Obtidos

Por meio dos dados obtidos no experimento prático e na simulação computacional, foi realizada uma regressão linear, onde a variável dependente representa o resultado esperado pela simulação computacional, e a variável independente representa a medida obtida no experimento prático (ambas em milímetros), conforme mostra a tabela 5. A regressão resultou na equação:

$$y = 1,051x - 0,139 ,$$

que apresenta coeficiente de determinação (R^2) de aproximadamente 98,5% e coeficiente de correlação de aproximadamente 99,2%.

Tabela 5: Valores utilizados na regressão linear.

x (experimental)	y (simulação)
0mm	0mm
3,2mm	2,89mm
4,2mm	4,16mm
5mm	5,43mm

6 Conclusões

Podemos observar por meio do coeficiente de determinação e do coeficiente de correlação que os resultados experimentais e os resultados obtidos por simulações computacionais foram satisfatoriamente semelhantes, embora a quantidade de elementos do experimento tenha sido pequena para tal conclusão.

Para futuros trabalhos e aperfeiçoamento dos resultados obtidos neste estudo, buscaremos possíveis ajustes que possam ser feitos aos parâmetros dos objetos usados nas simulações computacionais. Por meio de experimentos práticos e algoritmos genéticos, realizaremos novos testes com grãos de arroz ou soja, usando diferentes recipientes e diferentes forças peso atuando sobre os grãos. Além disso, trabalharemos com novas formas geométricas para o recipiente dos grãos e com mais repetições de simulações computacionais. Por fim, usaremos mensurações com maior precisão, visando amostras com maior confiabilidade e abrangência em seus resultados, para que tais resultados possam ser usados em outros estudos.

Agradecimentos

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001.

Referências

- [1] E. J. Balbinot, M. O. Binelo, V. N. Kürschner, L. Kieslich, and M. D. S. Dessuy. *Modelagem computacional do escoamento de grãos de soja em um secador utilizando o método dos elementos discretos*, XXIV Seminário de Iniciação Científica- Salão do Conhecimento, UNIJUÍ, 2016.
- [2] O. A. Khatchaturian and M. O. Binelo. *Simulation of three-dimensional air-flow in grain storage bins*, Biosystems Engineering, 101:225–238, 2008. DOI: 10.1016/j.biosystemseng.2008.06.001.
- [3] T. Kokubo, S. Ito, M. Shigematsu, S. Sakka, and T. Yamamuro. *Mechanical properties of a new type of apatite-containing glass-ceramic for prosthetic application*, Journal of Materials Science, 20:2001–2004, 1985. DOI: 10.1007/BF01112282.

- [4] S. M. Nascimento, G. A. S. Campos, D. M. Lima, L. F. G. Ávila, M. A. S. Barrozo, and C. R. Duarte. *Estudo experimental e de simulação CFD da dinâmica de partículas em tambores rotatórios com suspensores*, XX Congresso Nacional de Engenharia Química, Florianópolis/SC, 2014.
- [5] V. Šmulauer et al. *Yade Documentation*, 2nd ed., The Yade Project, 2015. DOI: 10.5281/zenodo.34073.