



Modalidade do trabalho: Relatório técnico-científico
Evento: 2011 SIC - XIX Seminário de Iniciação Científica

ESTUDO EXPERIMENTAL DE SECAGEM DE GRÃOS DE SOJA EM CAMADA ESPESSA¹

Gracieli Borré², João Pedro Bertoldo Dorneles³, Luis Antonio Bortolaia⁴, Oleg Khatchatourian⁵.

¹ Secagem Artificial e Armazenamento de Grãos de Soja: Estudo Experimental e Simulação Numérica.

² Estudante do Curso de Engenharia Civil do Departamento de DCEEng; Bolsista PIBIC/UNIJUI; E-mail: graborre@gmail.com

³ Bolsista CNPq; E-mail: joao_bertoldo74@hotmail.com

⁴ Professor do Departamento DCEEng; Participante do Grupo de Pesquisa Matemática Aplicada e Computacional; E-mail: luis.bortolaia@unijui.edu.br

⁵ Professor do Departamento DCEEng, Líder do Grupo de Pesquisa Matemática Aplicada e Computacional; E-mail: olegkha@unijui.edu.br

Resumo

O cultivo da soja é uma das principais atividades econômicas da região do noroeste do estado do Rio Grande do Sul, sendo o Brasil o segundo maior produtor mundial. O grão da soja é colhido em uma época com bastante umidade o que não é recomendado para o armazenamento seguro que mantenha sua qualidade. Desta forma é necessário realizar o processo de secagem artificial dos grãos. Objetivo deste trabalho é desenvolver um equipamento experimental para estabelecer a influência de temperatura e velocidade inicial do ar de secagem sobre dinâmica de variação dos parâmetros de grãos (temperatura e teor de umidade) e do ar (temperatura e umidade) durante do processo de secagem em leito fixo, ou seja, quando os grãos não estão em movimento. Foi construído um equipamento que permitia variar e medir estes parâmetros. Para medir a taxa de secagem de grãos em diferentes secções a câmara de secagem é constituída de 4 compartimentos e para medir a taxa de saída de água é utilizada uma balança de precisão. Estão apresentados os resultados experimentais de secagem obtidos para temperatura de secagem de 105 °C e velocidade do ar $V=0,5$ m/s.

Palavras-chave: Soja, secagem artificial, leito fixo, teor de umidade.

Introdução

Entre os métodos utilizados para a conservação de grãos, a secagem é o mais econômico, pois ela permite a preservação do produto em ambiente durante um longo período de tempo. Brooker et al. (1992) consideraram que, quando inadequada, a secagem constitui a principal causa de deterioração de sementes.

Segundo Weber, Pedro Elton (2001), Por intermédio da secagem artificial o homem pode colher o produto mais cedo com vantagens de evitar perdas ocasionadas por condições climáticas, por insetos, aves e roedores, além de permitir uma melhor utilização do solo para o próximo plantio.

A secagem consiste na passagem de um fluxo forçado de ar aquecido artificialmente





Modalidade do trabalho: Relatório técnico-científico
Evento: 2011 SIC - XIX Seminário de Iniciação Científica

por uma massa de grãos com teor de umidade elevado, com o objetivo de reduzir esse teor através das trocas de energias e massa envolvidas nesse processo físico.

Existem vários parâmetros que influenciam na secagem dos grãos tais como, a temperatura e a umidade relativa do ambiente, a temperatura e o fluxo de ar de secagem, o teor de umidade inicial e a temperatura dos grãos.

O proposto trabalho tem como objetivo a determinação das variações do teor de umidade dos grãos e as temperaturas do ar e do grão, em função do tempo para um teor de umidade inicial do grão pré-especificado.

Metodologia

Os experimentos até agora desenvolvidos foram realizados no laboratório de medidas físicas da UNIJUI, localizado no município de Ijuí.

Os grãos de soja foram guardados em saches com umidade pré-determinada, sendo umedecidos em laboratório. Foram espalhados os grãos em uma superfície plana, utilizando água da chuva molhamos os grãos sem deixar encharcar para não alterar as propriedades físicas, químicas e biológicas dos grãos, retiradas algumas amostras e levadas a um laboratório de controle rígido para medir a umidade dos grãos. Depois de conhecida a umidade de 18% toda a soja foi embalada em saches contendo o mínimo possível de ar dentro.

Os experimentos em camada espessa foram realizados com o mesmo equipamento experimental de camada fina, adicionando-se ao mesmo uma nova câmara de secagem para permitir a secagem de uma maior quantidade de soja.

A câmara de secagem é constituída de sete seções de dimensões 0,05 x 0,13 x 0,13 m, e uma altura total de 0,35 m. A câmara foi isolada termicamente com lã de vidro em toda a sua área externa exposta. Cada uma das seções é constituída de tela perfurada em sua parte inferior e deslocam-se sobre cantoneiras, sendo, portanto removíveis, o que permite a medição da massa dos grãos.

Os experimentos foram realizados utilizando-se quatro seções (compartimentos) da câmara de secagem, o que permite uma altura (H) do leito de camada espessa de 0,20 m. Em todas as quatro seções foram medidas as temperaturas do ar e do grão e a massa de grãos.

Para a medição das temperaturas do ar os termopares foram instalados na entrada da câmara de secagem e na saída de cada seção do secador. Em cada experimento realizado foram instalados dois termopares dentro de um grão em duas seções de teste escolhidas.

Na Figura 1 observa-se os pontos de medição em um dos experimentos de camada espessa. A seção 1 do secador, em destaque, refere-se à seção onde será determinada a variação da umidade do grão de soja com relação ao tempo, através da determinação da massa da mesma em intervalos periódicos. O ar de secagem é determinado através da temperatura de entrada (T_{entrada}) e da umidade relativa (UR_{ar}). Na seção 1, além da medição da massa dos grãos, realiza-se a medição da temperatura do ar (T_1) na saída da mesma. Para a seção 2 mede-se a temperatura do ar (T_2) e a temperatura do grão (T_g), o mesmo ocorrendo na seção



Modalidade do trabalho: Relatório técnico-científico
Evento: 2011 SIC - XIX Seminário de Iniciação Científica

3, com a medição de T_3 e T_g . Na seção 4, a temperatura do ar na saída do secador (T_4) é medida.

Figura 1 Experimentos de camada espessa: localização dos pontos de medição.

Para a medida da temperatura do ar nas seções os termopares foram encapsulados (envoltos) em uma fina tela de fibra, de forma que não houvesse o contato entre o termopar e os grãos, permitindo somente a leitura da temperatura do ar em escoamento nas seções. A medida da temperatura do grão foi realizada através da instalação do termopar dentro de um grão, e este grão inserido na massa de grãos da seção do secador.

Outros experimentos foram realizados para as outras seções do secador, ou seja, as seções 2, 3 e 4, que terão respectivamente suas massas medidas.

Na Tabela 1.2 ilustra-se os experimentos realizados e as respectivas medições, indicando, em função do experimento de referência, as seções para determinação das massas dos grãos (e conseqüentemente o teor de umidade médio dos grãos), das temperaturas do ar e das temperaturas dos grãos.

Tabela 1.2 Experimentos e medições realizadas em camada espessa

Experimento	Medição da massa (g)	Temperatura do ar (°C)	Temperatura dos grãos (°C)
Experimento 1	na seção 2	T_1, T_2, T_3, T_4	T_{g3}, T_{g4}
Experimento 2	na seção 3	T_1, T_2, T_3, T_4	T_{g2}, T_{g4}
Experimento 3	na seção 4	T_1, T_2, T_3, T_4	T_{g1}, T_{g2}
Experimento 4	na seção 1	T_1, T_2, T_3, T_4	T_{g2}, T_{g3}

Resultados e Discussão

A Tabela 1.3 mostra as condições de realização dos experimentos, do ambiente





Modalidade do trabalho: Relatório técnico-científico
Evento: 2011 SIC - XIX Seminário de Iniciação Científica

(Pressão ambiente, temperatura média do ar ambiente e umidade relativa média do ar ambiente) e do ar de secagem (velocidade, temperatura média e umidade relativa média).

Tabela 1.3 Condições de realização dos experimentos de secagem em camada espessa

Experimento	Condições do ambiente			Condições do ar de secagem		
	P _{amb} (kPa)	T (°C)	UR (%)	v (m/s)	T (°C)	UR (%)
Experimento 1	97	24	78	0,5	101,9	2,2
Experimento 2	97,6	21	66	0,5	104,5	1,4
Experimento 3	97	21	61	0,5	105	1,3
Experimento 4	97,5	23	74	0,5	102,1	1,9

Os experimentos de secagem em camada espessa foram realizados para velocidade do ar de secagem de 0.5 m/s e condições do ambiente e do ar de secagem na entrada do secador conforme a Tabela 1.3.

Os valores experimentais do comportamento da temperatura do ar de secagem, da temperatura dos grãos, e do teor de umidade dos grãos obtidos para o secador de leito fixo são mostrados nas Figuras 2 a 2.6, para os vários experimentos realizados. A variação da temperatura do ar é determinada em $y/H = 0.0$ (entrada do secador), $y/H = 0.25$ (seção 1 do secador), $y/H = 0.50$ (seção 2), $y/H = 0.75$ (seção 3) e $y/H = 1.0$ (seção de saída do secador). A temperatura dos grãos foi determinada em $y/H = 0.25$, $y/H = 0.50$, $y/H = 0.75$ e $y/H = 1.0$. O teor de umidade dos grãos, em base seca, teve sua determinação avaliada no ponto médio das seções, ou seja, em $y/H = 0.125$, $y/H = 0.375$, $y/H = 0.625$ e $y/H = 0.875$.



Modalidade do trabalho: Relatório técnico-científico
Evento: 2011 SIC - XIX Seminário de Iniciação Científica

Figura 2 Dados experimentais em camada espessa: temperatura do ar de secagem e temperatura ambiente em $y/H = 0.0$ (entrada do secador) durante os ensaios realizados.

Figura 2.1 Dados experimentais em camada espessa: temperatura do ar na





Modalidade do trabalho: Relatório técnico-científico
Evento: 2011 SIC - XIX Seminário de Iniciação Científica
seção 1 ($y/H = 0.25$) do secador

Figura 2.2 Dados experimentais em camada espessa: temperatura do ar na
seção 2 ($y/H = 0.50$) do secador



Modalidade do trabalho: Relatório técnico-científico
Evento: 2011 SIC - XIX Seminário de Iniciação Científica

Figura 2.3 Dados experimentais em camada espessa: temperatura do ar na seção 3 ($y/H = 0.75$) do secador



Modalidade do trabalho: Relatório técnico-científico
Evento: 2011 SIC - XIX Seminário de Iniciação Científica

Figura 2.4 Dados experimentais em camada espessa: temperatura do ar na seção 4 ($y/H = 1.0$) do secador



Modalidade do trabalho: Relatório técnico-científico
Evento: 2011 SIC - XIX Seminário de Iniciação Científica

Figura 2.5 Dados experimentais em camada espessa: temperatura dos grãos



Modalidade do trabalho: Relatório técnico-científico
Evento: 2011 SIC - XIX Seminário de Iniciação Científica

Figura 2.6 Dados experimentais em camada espessa: teor de umidade dos grãos

Como mostra figura 2, a distribuição de temperatura na entrada em câmara experimental é bastante uniforme. Devido ao contato e à transferência de calor entre o ar aquecido e os grãos frios, a temperatura do ar se reduz e a temperatura dos grãos cresce (figuras 2.1-2.5). Com tempo a diferença entre estas temperaturas tende para zero. Os valores absolutos destas temperaturas com tempo tendem para o valor de temperatura inicial do ar. Para secções iniciais isso acontece mais cedo (figura 2.1), para secções posteriores mais tarde (figura 2.4). A figura 2.6 apresenta as curvas de dinâmica de secagem de grãos de soja em camada espessa. Pode ver que a secagem mais rápida acontece nas camadas mais próximas de entrada do ar de secagem. Com tempo a diferença em teor de umidade de grãos para cada



Modalidade do trabalho: Relatório técnico-científico
Evento: 2011 SIC - XIX Seminário de Iniciação Científica

camada se reduz.

Conclusões

A metodologia experimental empregada mostrou-se adequada para atingir os objetivos da pesquisa. Verificou-se que os dados obtidos até então, apresentaram uma concordância satisfatória com aqueles fornecidos pela literatura, o que demonstra a confiabilidade dos experimentos aqui analisados. Com o estudo do processo de secagem de soja em camada espessa em secador de leito fixo, verificou-se que o equipamento desenvolvido permite obter os dados experimentais confiáveis sobre dinâmica de secagem de grãos de soja. Estes dados em pesquisas posteriores podem servir para identificação dos modelos matemáticos desenvolvidos para simular os vários tipos de secadores reais.

Agradecimentos

Ao órgão PIBIC/UNIJUI Programa institucional de bolsas de iniciação científica que concedeu a bolsa.

A UNIJUI – Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul.

Ao laboratorista Pedro Schimidt.

Ao professor Luis Antonio Bortolaia.

Referencias Bibliográficas

Brooker,D.B.; Bakker-Arkema, F.W.;Hall,C.W. Drying Cereal Grains.AVI Publishing.Westport,CT, 1974.

Khatchatourian, O.A; Borges, P.A.P., Petry, V. J. Dinâmica de Secagem de Grãos de Soja em Câmara de Leito Fixo: Modelo Matemático e Análise Comparativa dos Métodos Numéricos de Resolução. *Anais do MERCOFRIO 2000 - Feira e Congresso de Ar Condicionado, Refrigeração, Aquecimento e Ventilação do MercoSul*. Porto Alegre, 2000.

Weber, Pedro Elton; Dinâmica do processo de secagem de grãos de soja em camada espessa : simulação numérica e estudo experimental, 2001

Projeto: Secagem Artificial e Armazenamento de Grãos de Soja: Estudo Experimental e Simulação Numérica.