



**Modalidade do trabalho:** Relatório técnico-científico

**Evento:** XX Seminário de Iniciação Científica

## SECAGEM DE GRÃOS EM ALTAS TEMPERATURAS<sup>1</sup>

Saul Vione Winik<sup>2</sup>, Oleg Khatchaturian<sup>3</sup>.

<sup>1</sup> Projeto de Iniciação Científica

<sup>2</sup> Bolsista PIBIC/CNPq, aluno do Curso de Graduação em Engenharia Elétrica da UNIJUI, saul.winik@gmail.com

<sup>3</sup> Orientador, professor Doutor do Departamento de Ciências Exatas e Engenharias da UNIJUI, olegkha@uniju.edu.br

Foram analisados vários tipos de secadores utilizados atualmente para secagem artificial de grãos em altas temperaturas. Foi feita a classificação deles quanto ao fluxo de produto e foram consideradas as vantagens e desvantagens de cada esquema de secagem. Os secadores de fluxos cruzados com reversão do fluxo de ar, com reaproveitamento do ar de exaustão para reduzir o consumo de energia e com reversão da camada de grãos para reduzir o gradiente de umidade na camada permitam obter o melhor desempenho.

Secagem artificial; Leito fixo; Secador em cascata; Secador de fluxo cruzado.

Minimizar as perdas pós-colheita e preservar a qualidade dos grãos armazenados tem grande importância econômica na região Noroeste do estado do Rio Grande do Sul, constituída de aproximadamente 80 municípios, na maioria de pequeno porte. Os grãos chegam à unidade de armazenamento e beneficiamento com teores de impureza e umidade elevados, onde sofrem um processo de limpeza, secagem e armazenagem, para ao final, serem beneficiados e consumidos. O fluxograma convencional da armazenagem de uma unidade de beneficiamento é o seguinte:

Colheita->Recebimento->Pré-limpeza->Secagem->Limpeza->Armazenamento->Expedição. Este projeto é dedicado ao estudo de uma etapa desta cadeia: secagem artificial de grãos em altas temperaturas. Atualmente existem vários tipos dos secadores, com suas diversas classificações e características particulares (Weber, 2005). Geralmente estes modelos são apresentados por um sistema de equações diferenciais parciais não-lineares, baseadas no balanço de energia e de massa de água para o ar e os grãos. Para aplicar um dos métodos numéricos para resolução deste sistema (o método de elementos ou volumes finitos, diferenças finitas) é necessário discretizar o domínio de integração, criando uma malha. Isto corresponde a uma divisão hipotética de camada espessa de massa de grãos (domínio de integração) em uma seqüência de camadas finas. As equações a diferenças finitas ou equações para elementos finitos (Seegerlind, 1976) contêm os termos-fontes, relacionados com fluxos de calor e de massa. Realizando um estudo experimental sobre secagem em camada fina no intervalo de variação de todos os parâmetros envolvidos (temperatura de secagem, teor de umidade de grãos, etc.), i.e. obtendo as curvas empíricas de secagem em camada fina, pode calcular a potência dos termos-fontes para qualquer que seja combinação dos parâmetros iniciais estudados. A qualidade do modelo depende da qualidade das curvas de secagem obtidas em camada fina. Uma boa revisão dos





**Modalidade do trabalho:** Relatório técnico-científico

**Evento:** XX Seminário de Iniciação Científica

modelos em camadas espessas e em camadas finas está apresentada nos trabalhos de Parti (1993) e Parry (1985). Apesar de muitos trabalhos realizados para secagem em camada fina, praticamente não existem na literatura estudos sobre influência de umidade relativa do ar aquecido e de velocidade do ar sobre secagem em camada fina. Isto é causado pelas dificuldades na realização de injeção do vapor de água no ar de secagem e controle posterior da umidade relativa. A influência destes parâmetros pode ser essencial para simulações, pois o ar seco entrando no secador depois do contato com grãos úmidos aumenta significativamente umidade relativa e leva esta umidade para camadas posteriores, umedecendo estas camadas. As condições iniciais e de contorno no modelo matemático dependem do esquema de secagem. O objetivo deste trabalho é realizar uma análise comparativa de vários esquemas de secadores aplicados para secagem de grãos em altas temperaturas.

Com base de dados da literatura foram analisados os esquemas de vários tipos de secadores de grãos. Os secadores foram classificados quanto ao fluxo do produto: leito fixo; fluxos cruzados; fluxos concorrentes; fluxos contracorrentes; fluxos mistos e quanto ao regime do trabalho: estacionários; contínuos; intermitentes. Foram analisadas as vantagens e desvantagens de cada esquema e aplicabilidade para várias situações de secagem.

#### Secador de leito fixo

Variáveis de projeto do secador:

Potência do sistema de movimentação de ar

Área da câmara de secagem

Altura máxima da camada

Variáveis relacionadas com o produto e o ambiente:

Tipo de produto

Altitude do local

Temperatura e umidade relativa ambiente

Temperatura e umidade inicial do produto

Variáveis de controle:

Espessura da camada de grãos

Temperatura de secagem

Revolvimento do produto

Repouso do produto

Resultado:

Resistência ao fluxo de ar

Gradiente de umidade na camada de grãos

Consumo de energia

Qualidade do produto final

#### Secadores em cascata ou de calhas



**Modalidade do trabalho:** Relatório técnico-científico

**Evento:** XX Seminário de Iniciação Científica

Câmaras de secagem e resfriamento constituídas por uma série de calhas invertidas

Fileiras de calhas espaçadas de 20 a 30 cm

Grãos movimentam-se por gravidade

Ar de secagem ou resfriamento entra por uma linha de calhas e sai pelas linhas imediatamente superior e inferior

Ora o fluxo de ar é concorrente ora é contracorrente ao fluxo de produto

Primeiros secadores eram dotados de ventiladores centrífugos, hoje quase todos os fabricantes utilizam ventiladores axiais

Produto a ser seco deve apresentar baixo teor de impurezas caso contrário o fluxo de produto pode tornar-se desuniforme

Existe um limite abaixo do qual o fluxo de produto não pode ser reduzido

À medida que se reduz a velocidade do produto dentro do secador pode ocorrer desuniformidade do fluxo de produto

Secador pode ser operado em regime contínuo apenas quando a umidade inicial é igual ou inferior a 18%

Para melhorar a eficiência energética os secadores passar a serem fabricados com opção de reaproveitamento do ar de resfriamento e de exaustão

Secadores de fluxos cruzados

Secador convencional: problemas com gradiente de umidade e elevado consumo de energia

Para melhorar desempenho:

reversão do fluxo de ar e reversão da camada de grãos para reduzir o gradiente de umidade na camada  
reaproveitamento do ar de exaustão para reduzir o consumo de energia

Secador mais usado no mundo

Configuração, construção e operação simples

Passagem do ar perpendicular à passagem dos grãos que se movem entre duas chapas perfuradas

Espessura da camada de grãos: 20 a 30 cm

Secadores de fluxos concorrentes

Ar e grãos fluem no mesmo sentido

Altas taxas de evaporação ocorrem na parte superior da camada, uma vez que o ar mais quente encontra o grão mais úmido

Trocias intensas de energia e massa ocorrem quando o ar encontra o produto

Temperatura do produto permanece consideravelmente abaixo da temperatura do ar de secagem

Resfriamento é geralmente feito em fluxos contracorrentes

Vantagens:

Melhor qualidade final do produto





**Modalidade do trabalho:** Relatório técnico-científico

**Evento:** XX Seminário de Iniciação Científica

Maior capacidade de secagem.  
Alta eficiência energética.  
Baixo custo de instalação e manutenção

Secadores de fluxos contracorrentes

O ar de secagem e grãos fluem em sentido contrário.  
A frente de secagem permanece sempre próximo ao fundo perfurado.  
À medida que o produto desce, sua temperatura aumenta, ficando próximas à temperatura do ar de secagem.  
A temperatura de secagem não deve ultrapassar 70oC.

Secadores intermitentes

Produto ao passar pelo secador retorna à parte superior do secador  
Quando dotados de câmaras de repouso geralmente o produto permanece 10% na câmara de secagem e o restante do tempo na câmara repouso  
Câmaras de repouso: melhor eficiência energética e melhor qualidade do produto final  
Os secadores de fluxos cruzados com reversão do fluxo de ar, com reaproveitamento do ar de exaustão para reduzir o consumo de energia e com reversão da camada de grãos para reduzir o gradiente de umidade na camada permitam obter o melhor desempenho.

Os autores agradecem o CNPq pelas bolsas.

Bakker-Arkema, F.W., L.E. Lerew, S.F. DeBoer, and M.G. Roth. 1974. Grain dryer simulation. Agricultural Experiment Station Report No. 224. Michigan State University, East Lansing, MI

Boyce, D.S. 1966. Heat and moisture transfer in ventilated grain. Journal of Agricultural Engineering Research 11(4): 255-265

Brooker D B; Bakker-Arkema F W; Hall C W. 1982. Drying Cereal Grains. AVI Publishing Co., Inc., Westport, CT

Ingram, G.W. 1979. Solution of grain cooling and drying problems by the method of characteristics in comparison with finite difference solutions. Journal of Agricultural Engineering Research 24(3):219-232

Khatchatourian O.A. Experimental Study And Mathematical Model For Soya Bean Drying In Thin Layer. Biosystems Engineering, UK, v.113, n. 1, p.54 - 64, 2012.

Khatchatourian, O.A., Oliveira, Fabiane Avena de. 2006. Mathematical Modelling of Air Flow and Thermal State in Large Aerated Grain Storage. Biosystems Engineering, UK, v.95 n. 2, p.159 - 169.

Montross, M.D., and D.E. Maier. 2000. Simulated performance of conventional high-temperature drying, dryeration, and combination drying of shelled corn with automatic conditioning. Transactions of the ASAE 43(3): 691-699.

Navarro, S.; Noyes R.T. (editors). 2002. The Mechanics and Physics of Modern Grain Aeration Management. CRC Press LLC. USA



**Modalidade do trabalho:** Relatório técnico-científico

**Evento:** XX Seminário de Iniciação Científica

Parry, J. L., 1985. Mathematical Modeling and computer Simulation of Heat and Mass Transfer in Agricultural Grain Drying: A Review, J. Agric. Eng. Res, vol. 32, nº1, pp. 1-29.

Parti, M., 1993, Selection of mathematical models for drying grain in thin-layers. J. Agric. Engng Res., vol. 54, pp. 339-352.

Seeger L J. 1976. Applied finite element analysis. J. Wiley and Sons Inc. New York

Weber E, 1995. Armazenagem Agrícola. Kepler Weber Industrial, Porto Alegre