

**Proceeding Series of the Brazilian Society of Computational and Applied Mathematics**

---

## Modelagem Matemática do Processo de Aeração em Silos Verticais

Saul Vione Winik<sup>1</sup>

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

Ricardo Klein Lorenzoni<sup>2</sup>

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

Ricardo Neutzling<sup>3</sup>

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

### 1 Introdução

O estudo da temperatura dos grãos durante o processo de aeração vem sendo discutido por diversos pesquisadores. Especialmente quando há um fluxo de ar interno, onde a condutividade térmica efetiva varia no tempo e no espaço, e depende da velocidade e temperatura do ar de arejamento [3]. O objetivo do artigo é apresentar os resultados da simulação computacional e dos experimentos, validando o modelo matemático da dinâmica de variação da temperatura da massa de grãos dentro de um silo real.

### 2 Modelagem Matemática

A função contínua  $T = T(y, t)$  foi substituída por um conjunto de valores  $T_i^{(n)}$  em pontos isolados  $(y_i, t^{(n)}) \in \Omega$ ;  $i = 1, 2, \dots, M$ ;  $n = 0, 1, \dots, N$ . Onde  $\Omega = \{(y, t) | y \in [0, H]; t \in [0, t_{max}]\}$  é domínio de integração e os números M e N apresentam os números de divisões espaciais e temporais respectivamente. O balanço energético no volume considerado  $\Delta V_i$  para o tempo  $\Delta t$  pode ser obtido pelo equacionamento da variação de energia da massa de grãos contida no volume e do ar que passou durante  $\Delta t$ . A temperatura temporal média do ar na entrada da camada i no intervalo t foi obtida a partir da regra do trapézio. Desprezando as variações de densidade e calor específico do ar e dos grãos, encontrou-se a equação (1):

$$C_g \rho_g \Delta y_i A (1 - \varepsilon) (T g_i^n - T g_i^{n+1}) = C_{pa} \rho_a v A \varepsilon \left( T g_i^{n+1} - \frac{T a_{i-1}^n - T a_{i-1}^{n+1}}{2} \right). \quad (1)$$

---

<sup>1</sup>saul.winik@gmail.com

<sup>2</sup>ricolorenzoni@gmail.com

<sup>3</sup>ricardo.neutzling@hotmail.com

2

Foi considerado  $Ta_{i-1}^{(n)} = Tg_{i-1}^{(n)}$  e  $Ta_{i-1}^{(n+1)} = Tg_{i-1}^{(n+1)}$ , a equação (2) de recorrência foi obtida para o cálculo da temperatura das camadas de grãos nos pontos de tempo correspondentes:

$$Tg_i^{(n+1)} = \frac{C_g \rho_g \Delta y_i A (1 - \varepsilon) Tg_i^{(n)} + C_{pa} \rho_a v \varepsilon \Delta t (Tg_{i-1}^{(n)} + Tg_{i-1}^{(n+1)}) / 2}{C_g \rho_g \Delta y_i A (1 - \varepsilon) + C_{pa} \rho_a v \varepsilon \Delta t}. \quad (2)$$

Foram utilizadas as propriedades de camada de grãos dos dados de Iguaz et al (2004a, 2004b) [1,2]. Os dados experimentais foram obtidos a partir de um silo vertical de armazenamento de arroz, equipado com sistemas de aeração e termometria. A temperatura do ar fora do silo foi medida por uma estação meteorológica. Os dados utilizados foram obtidos durante 2785 minutos de aeração. A Figura 1 apresenta os resultados obtidos.

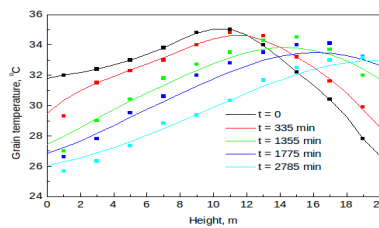


Figura 1: Curvas Resultantes

### 3 Conclusões

Os dados preditos pelo Método do Reator Homogêneo mostrou ter um comportamento semelhante ao dos dados coletados experimentalmente. Apesar de poder ocorrer erros em distintas partes do processo de coleta de dados, os resultados encontrados foram satisfatórios. Em trabalhos futuros, serão realizados novos estudos com distintas culturas.

### Agradecimentos

Os autores agradecem ao CNPq e a UNIJUÍ pelas bolsas de pesquisa.

### Referências

- [1] A. Iguaz, C. Arroqui e P. Vírseda, Modelling and validation of heat transfer in stored rough rice without aeration. *Biosystems Engineering*, v.88, p. 429-439, Elsevier 2004a.
- [2] A. Iguaz, C. Arroqui e P. Vírseda, Modelling and simulation of heat transfer in stored rough rice with aeration. *Biosystems Engineering*, v.89, p. 69-77, Elsevier 2004b.
- [3] A. P. Ito e M. Amendola e J. Kil, Determinação de condutividade térmica de grãos de soja. *Revista Iberoamericana de Tecnología Postcosecha*, p.76-81, Campinas,SP 2003.