

TRANSFERÊNCIA DE CALOR E MASSA EM MATERIAIS CERÂMICOS COM GEOMETRIA COMPLEXA VIA MÉTODO DA CAPACITÂNCIA GLOBAL

Elisiane Santana de Lima; Wanderson Magno Paiva Barbosa de Lima.

*Universidade Estadual da Paraíba, limaelisanelima@hotmail.com.
Universidade Federal de Campina Grande, wandersonmagno@hotmail.com*

Resumo do artigo: O processo de secagem consiste na remoção de umidade de um material através do aquecimento, envolvendo mecanismo simultâneo de transferência de calor e massa entre o material e o ar de secagem, sendo uma importante etapa na conformação de um material cerâmico e argiloso. Neste sentido, este trabalho objetiva a simulação da secagem de sólidos vazados e com forma arbitrária. Para descrever o processo porosos utilizou-se o método da capacitância global. Aplicação tem sido feita para a secagem de materiais cerâmicos afim de obter resultados cinéticos de perda de massa e aquecimento dos mesmos. Observou-se que o processo de perda de umidade ocorre numa menor velocidade que o aquecimento do material cerâmico, pois a sua difusividade térmica é muito superior a difusividade de massa, e que o formato do sólido, particularmente a sua relação área/volume afeta fortemente os fenômenos de transporte de calor e massa. Atualmente, existem diversos problemas que ocorrem durante o processo de secagem de tijolos a serem resolvidos. Com a secagem feita de forma incorreta a retirada de água da peça fica sem controle o que pode causar danos estruturais como trincas, deformações, empenamentos e conseqüentemente uma grande perda de produtos. Controlar o processo de secagem, ou seja, conhecer o mecanismo da transferência de umidade e calor é de fundamental importância para a indústria cerâmica.

Palavras-chave: Secagem, Analítico, Análise Concentrada, Materiais Cerâmico.

INTRODUÇÃO

Este trabalho apresenta um estudo que busca a otimização e controle do processo de retirada de água e aquecimento dos materiais cerâmicos. Seu objetivo é o estudo de secagem de materiais cerâmicos furados e com forma complexa usando o método da análise concentrada. Prever o comportamento da umidade com o passar do tempo constitui uma ferramenta de grande valia para a indústria de materiais cerâmicos e argilosos.

A fabricação da cerâmica como atividade industrial, decorreu devido ao crescimento das grandes construções. Praticamente toda a Europa herdou as práticas trazidas pelos povos antigos, tais como romanos, bizantinos, árabes, entre outros, que influenciaram fortemente no estilo das construções nesses continentes. O surgimento das primeiras máquinas moldadoras para fabricação de material cerâmico, movimentados por força animal ocorreu por volta de 1850, sendo mais tarde substituídas por máquinas a vapor e possibilitando, assim, o aumento significativo da produção. Pode-se considerar esse fato

como sendo o primeiro grande salto para a indústria da cerâmica vermelha, pois possibilitou a fabricação de peças especiais e dos tijolos ocos ou furados (Steil, 2000).

Até o século XIX, os sistemas de produção não se modificaram muito. A produção permaneceu manual, a secagem era realizada ao sol e a queima em fornos trapezoidais. Sucessivamente, com o desenvolvimento das primeiras máquinas motrizes à vapor, foi possível mecanizar as operações de extração de matérias primas, preparação e conformação e, conseqüentemente, aumentar a capacidade de produção. O salto de qualidade e quantidade de produção de materiais cerâmicos, que não poderiam ter sido sem as máquinas motrizes, foi ainda favorecido pela construção do primeiro forno de anel de Hoffman. Com o desenvolvimento tecnológico da indústria cerâmica passaram a ser construídos blocos vazados de grande resistência mecânica, mais leve inclusive que os antigos materiais cerâmicos maciços (Lucena,2014).

Atualmente, a cerâmica de construção brasileira ocupa um lugar de destaque na economia do país. Durante um longo período de produção de materiais cerâmicos não ocorreram mudanças tecnológicas importantes. Somente nas últimas décadas é que a tecnologia de fabricação de materiais cerâmicos passou por um processo de desenvolvimento associado a inovações. Mesmo assim, é natural que outros processos e inovações ainda ocorrerão. No entanto, considerando também as variáveis operacionais, se torna cada vez mais importante, quando se considera produtividade e qualidade, o conhecimento, em especial por parte dos técnicos e engenheiros envolvidos no processo produtivo, das variáveis de controle do processo (Lucena,2014).

A necessidade de investimento na melhoria de qualidade e produtividade é uma preocupação crescente do setor. A materialização desta tendência vem sendo realizada ainda lentamente, através de novas técnicas de gestão e, principalmente, pela introdução de plantas mais atualizadas e eficientes, observadas em algumas fábricas de blocos cerâmicos estruturais e de telhas. O setor industrial da cerâmica é bastante diversificado e pode ser dividido nos seguintes segmentos: cerâmica vermelha, materiais de revestimento, materiais refratários, louça sanitária, isoladores elétricos de porcelana, louça de mesa, cerâmica artística (decorativa e utilitária), filtros cerâmicos de água para uso doméstico, cerâmica técnica e isolante térmicos (Avelino,2008).

Os materiais cerâmicos, interesse desse trabalho, são peças bastante utilizadas pela indústria civil e o seu processo de fabricação compreende diversas fases: exploração das jazidas, tratamento prévio das matérias primas, homogeneização, secagem e a queima. Aqui, ênfase será dada no estudo da secagem de tijolos, visto que ela é

um processo termodinâmico de fundamental importância na qualidade do produto e redução de custo de fabricação.

A secagem é um processo termodinâmico, por meio do qual ocorre a redução da umidade do sólido, mediante o fornecimento de energia ao mesmo.

Atualmente existem diversos problemas que ocorrem durante o processo de secagem de tijolos a serem resolvidos. Com a secagem feita de forma incorreta a retirada de água da peça fica sem controle o que pode causar danos estruturais como trincas, deformações, empenamentos e conseqüentemente uma grande perda de produtos. Controlar o processo de secagem, ou seja, conhecer o mecanismo da transferência de umidade e calor é de fundamental importância para a indústria cerâmica.

METODOLOGIA

Para o entendimento do método da capacitância global (análise concentrada) considere um corpo sólido de forma arbitrária como ilustrado na Figura 1. O sólido pode receber (ou ceder) um fluxo de calor e/ou umidade por unidade de área em sua superfície e ter geração interna de massa e/ou energia por unidade de volume uniformemente distribuída. Admitindo que a umidade e/ou temperatura do sólido seja espacialmente uniforme em qualquer instante durante o processo transiente, isto é, que os gradientes de umidade e/ou temperatura no interior do sólido sejam desprezíveis, todo o fluxo de massa e/ou calor recebido e massa e/ou calor gerado, difundirá instantaneamente através do mesmo.

Sendo assim, o método da capacitância global (Incropera e de Witt, 2002) admite uma distribuição uniforme de massa e ou temperatura dentro do sólido em qualquer instante, de tal modo que, a temperatura ou teor de umidade do sólido seja dado exclusivamente em função do tempo.

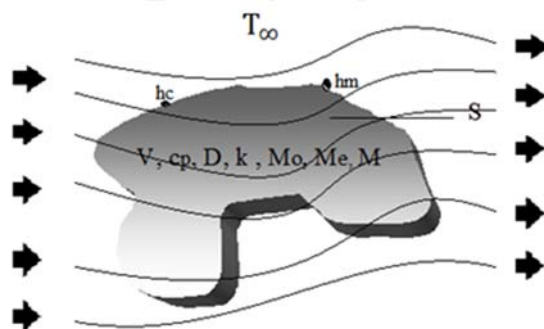


Figura 1 - Esquema representativo do processo de secagem de um sólido com geometria arbitrária.

Na Figura 1, T_{∞} é a temperatura do meio externo (K) ou ($^{\circ}\text{C}$); h_c é o coeficiente de transferência de calor ($\text{W}/\text{m}^2\text{K}$); h_m é o coeficiente de transferência de massa (m/s); V é o volume do sólido homogêneo (m^3); S é a área superficial do sólido homogêneo (m^2); c_p é o calor específico (J/kgK); M é o teor de umidade do produto em qualquer intervalo de tempo (kg/kg); M_0 é o teor de umidade inicial do produto (kg/kg) e M_e é o teor de umidade de equilíbrio (kg/kg).

Aplicando um balanço de massa e energia num elemento infinitesimal na superfície do sólido, em qualquer sistema de coordenadas, assumindo propriedades termo-físicas constantes e variações dimensionais desprezíveis, tem-se as seguintes equações de conservação de massa e energia, respectivamente (Silva, 2002):

$$V \frac{d\bar{M}}{dt} = -M''S + \dot{M}V \quad (1)$$

$$V\rho \frac{d\theta}{dt} = \frac{q''}{c_p}S + \frac{q}{c_p}V \quad (2)$$

onde ρ é a densidade do sólido homogêneo (kg/m^3); t é o tempo (s); M'' é o fluxo de massa por unidade de área ($\text{kg}/\text{kg}/\text{s}/\text{m}^2$); \dot{M} é a geração de massa por unidade de volume ($\text{kg}/\text{kg}/\text{s}/\text{m}^3$); q'' é o fluxo de calor por unidade de área (W/m^2); q é a geração de calor por unidade de volume (W/m^3) e θ é a temperatura do sólido homogêneo (K) ou ($^{\circ}\text{C}$).

As quantidades q'' , M'' , q e \dot{M} podem ser positivas ou negativas, podendo também serem constantes ou dependentes do tempo. Particularmente com respeito à energia, a quantidade q'' pode ser convectiva, radiativa, evaporativa e/ou aquecimento de vapor. A presente formulação pode ser aplicada em regiões de transferência de calor e massa simultânea. O caso particular ocorre quando os dois fenômenos são completamente independentes. Os dois fenômenos são acoplados quando absorção e dessorção na região são acompanhadas de efeitos térmicos.

- **Análise da transferência de massa**

No caso de transferência de massa, M'' pode ser tratado nas formas de convecção de massa enquanto que, \dot{M} pode ser dada, por exemplo, por geração devido reações químicas. Assumindo a troca de massa por convecção para M'' , \dot{M} constante

e \bar{M} sendo igual ao teor de umidade do material em base seca, tem-se, por substituição direta na Equação (1):

$$V \frac{d\bar{M}}{dt} = -h_m S (\bar{M} - \bar{M}_e) + \dot{M}V \quad (3)$$

Usando a condição inicial $M(t=0)=M_0$, separando-se as variáveis da Equação (3) e integrando-a desde a condição inicial, tem-se:

$$\frac{(\bar{M} - \bar{M}_e) - \frac{MV}{h_m S}}{(\bar{M}_0 - \bar{M}_e) - \frac{MV}{h_m S}} = \text{Exp} \left[\left(-\frac{h_m S}{V} \right) t \right] \quad (4)$$

- **Análise da transferência de calor e massa simultânea**

Para a análise da transferência de calor, pode-se fazer analogia a transferência de massa e assumir que na superfície do sólido ocorre simultaneamente convecção térmica, evaporação e aquecimento do vapor produzido. Sendo assim, a Equação (2), pode ser escrita da seguinte maneira:

$$\rho V \frac{d\bar{\theta}}{dt} = \frac{h_c(\bar{\theta}_\infty - \bar{\theta}) + \frac{\rho_s V d\bar{M}}{S} (h_{fg} + c_v(\bar{\theta}_\infty - \bar{\theta}))}{c_p} S + \frac{\dot{q}V}{c_p} \quad (5)$$

onde, c_v é o calor específico do vapor (J/kgK); h_{fg} é o calor latente de vaporização da água (J/kg); $\bar{\theta}_\infty$ é a temperatura do meio externo (K); $\bar{\theta}_0$ é a temperatura inicial do sólido (K); $\bar{\theta}$ é a temperatura instantânea do sólido (K); ρ_s é a massa específica do sólido seco (kg/m³); h_c é o coeficiente de transferência de calor (W/m²K).

Realizando a substituição das Equações (3) e (4) na Equação (5), obtém-se:

$$\frac{d\bar{\theta}}{dt} = \left\{ \left[\left[(-\rho_s h_m (\bar{M}_0 - \bar{M}_e) + \frac{MV\rho_s}{S}) \frac{h_{fg}S}{\rho V c_p} \right] \text{Exp} \left[-\left(\frac{h_m S}{V} \right) t \right] + \left[\frac{h_c S}{\rho V c_p} (\bar{\theta}_\infty - \bar{\theta}_0) \right] + \frac{\dot{q}}{\rho c_p} \right\} \quad (6)$$

Usando a condição inicial $\bar{\theta}(t = 0) = \bar{\theta}_0$, separando-se as variáveis da Equação (6) e integrando-a desde a condição inicial, tem-se:

$$\frac{\bar{\theta} - \bar{\theta}_{\infty} - \left\{ \left[\left(\rho_s h_m (\bar{M}_0 - \bar{M}_e) + \frac{M \rho_s V}{S} \right) \frac{h_{fg}}{h_c} \right] \text{Exp} \left[\left(-\frac{h_m S}{V} \right) t \right] + \frac{qV}{h_c S} \right\}}{\bar{\theta}_0 - \bar{\theta}_{\infty} - \left\{ \left[\left(\rho_s h_m (\bar{M}_0 - \bar{M}_e) + \frac{M \rho_s V}{S} \right) \frac{h_{fg}}{h_c} \right] \text{Exp} \left[\left(-\frac{h_m S}{V} \right) t \right] + \frac{qV}{h_c S} \right\}} = \text{Exp} \left[\left(-\frac{h_c S}{\rho V c_p} \right) t \right] \quad (7)$$

Para uma melhor análise dos parâmetros que compõem as Equações (5) e (9), as mesmas foram resolvidas com o auxílio do software Mathematica[®]. Os resultados foram expostos na forma gráfica utilizando o software Grapher[®].

Para encontrar o volume dos corpos cerâmicos estudados nessa pesquisa utilizou-se o método dos anéis circulares em sólidos de revolução (Munem e Foulis, 1978). Este método consiste em supor que f e g são funções contínuas não-negativas no intervalo $[y_1, y_2]$ tais que $f(y) \geq g(y)$ para todos os valores de y em $[y_1, y_2]$, e seja R a região planar limitada pelos gráficos de f e g entre $y=y_1$ e $y=y_2$ (Figura 2a). Seja S o sólido gerado pela revolução de R em torno do eixo x (Figura 2b e 2c).

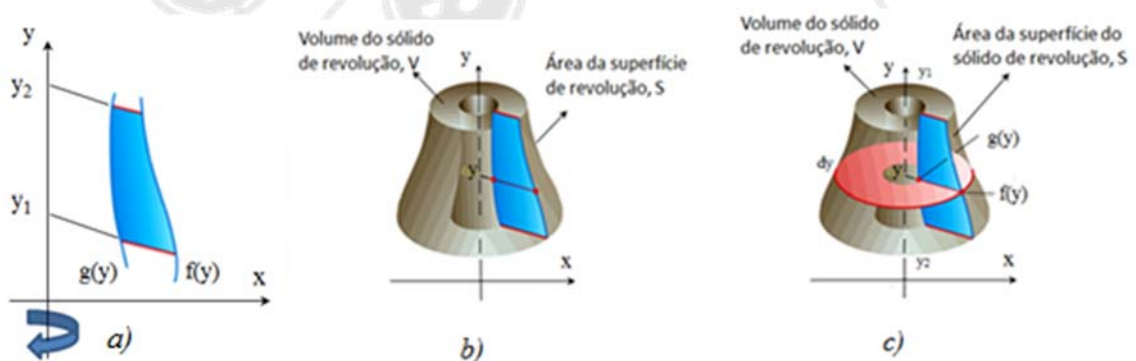


Figura 2- a) Região Plana, b) Revolução da região plana, e c) sólido de revolução.

Considere uma porção infinitesimal dV do volume V de área rachurada constituída de um anel circular de espessura infinitesimal dy (Figura 2c), perpendicular ao eixo de revolução e centrado no ponto de coordenada y . A base desse anel circular é a região entre os dois círculos concêntricos de raio $f(y)$ e $g(y)$, logo a área desta base é $\pi f(y)^2 - \pi g(y)^2$ unidades quadrada. De modo que:

$$V = \int_{y_1}^{y_2} \pi [f(y)^2 - \pi g(y)^2] dy \quad (8)$$

Nesta pesquisa adotou-se:

$$f(y) = a^m \left[1 - \left(\frac{y}{b} \right)^2 \right]^{\frac{1}{m}} \quad (9)$$

$$g(y) = a' = \text{constante} \quad (10)$$

onde $x_1 = a$, $y_1 = 0$, $y_2 = b'$, $y_3 = b$ e m são constantes que definem a forma do corpo

A área de superfície do sólido de revolução estudados nessa pesquisa foi obtido pela revolução gerada pela rotação da porção do gráfico das funções $f(y)$ e $g(y)$ contínuas e não-negativas entre as retas $y=y_1$ e $y=y_2$ em torno do eixo y (Munem e Foulis, 1978). De modo que:

$$S = \int_{y_1}^{y_2} 2\pi f(y) \sqrt{1 + [f'(y)]^2} dy + \int_{y_1}^{y_2} 2\pi g(y) \sqrt{1 + [g'(y)]^2} dy + \pi \{ [a^m (1 - \frac{b'}{b})^2]^{1/m} \}^2 - (a')^2 \} + \pi [a^2 - (a')^2] \quad (11)$$

A metodologia empregada para a geração dos resultados, foi a da variação dos parâmetros m , b' e a' , um a um, mantendo-se constantes os demais parâmetros. A Tabela 1 a seguir, contém todos os casos estudados nesta pesquisa.

Caso	a (m)	b (m)	m	b' (m)	a' (m)
1	0,05	0,2	0,5	0,025	0,005
2	0,05	0,2	0,5	0,050	0,005
3	0,05	0,2	0,5	0,075	0,005
4	0,05	0,2	0,5	0,100	0,005
5	0,05	0,2	0,5	0,025	0,010
6	0,05	0,2	0,5	0,025	0,015
7	0,05	0,2	0,5	0,025	0,020
8	0,05	0,2	0,5	0,100	0,020
9	0,05	0,2	1,0	0,025	0,005
10	0,05	0,2	1,0	0,100	0,020
11	0,05	0,2	2,0	0,025	0,005
12	0,05	0,2	2,0	0,100	0,020
13	0,05	0,2	4,0	0,025	0,005
14	0,05	0,2	4,0	0,050	0,005

15	0,05	0,2	4,0	0.075	0.005
16	0,05	0,2	4,0	0.100	0.005
17	0,05	0,2	4,0	0.100	0.010
18	0,05	0,2	4,0	0.100	0.015
19	0,05	0,2	4,0	0.100	0.020

Tabela 1 – Valores dos parâmetros geométricos do sólido de revolução.

As Figuras 3 e 4, a seguir, ilustram as geometrias mais impactantes dos sólidos estudados nesta pesquisa.

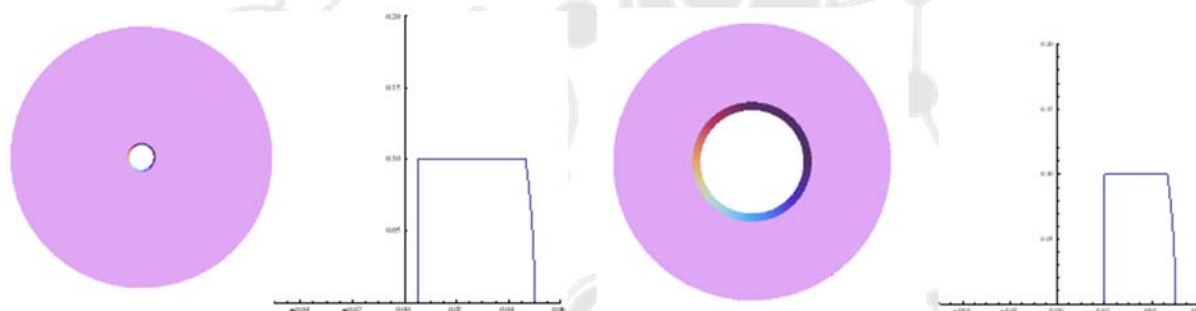


Figura 3: Caso 16 e 19

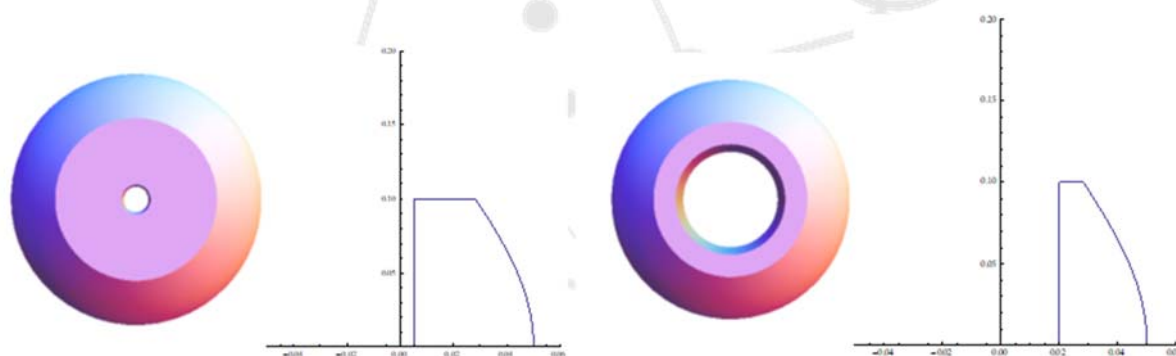


Figura 4: Caso e caso 8

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Foram simulados dezenove diferentes casos variando-se a forma do corpo, de onde obteve-se as cinéticas de secagem (perda da umidade)

e aquecimento do sólido (aumento de temperatura). De modo que, foi possível compreender melhor o processo de transferência de calor e massa durante o processo de secagem de peças cerâmicas.

Analisando as figuras 6, 8, 10 e 12, pode-se perceber a influência do parâmetro b' que representa a variação da altura do sólido em estudo. A figura 8, ilustra a influência do parâmetro a' que representa a variação do diâmetro do furo central. As Figuras 6 e 10 ilustram a influência do parâmetro m , que representa a variação da curva gerada pela equação (9).

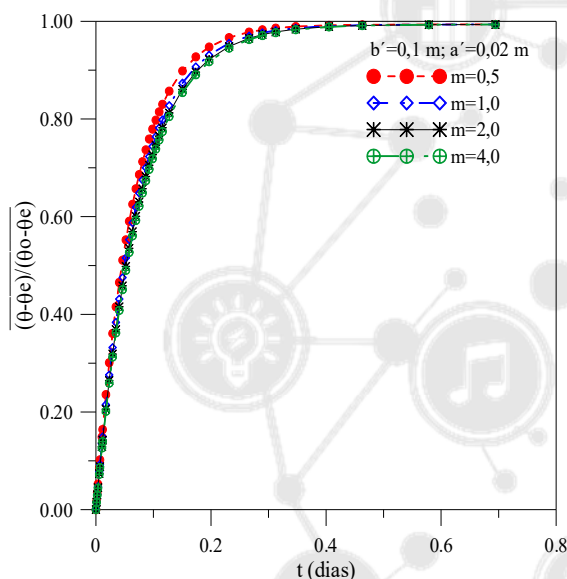


Figura 5: Temperatura em função do tempo com m variável (Caso 8).

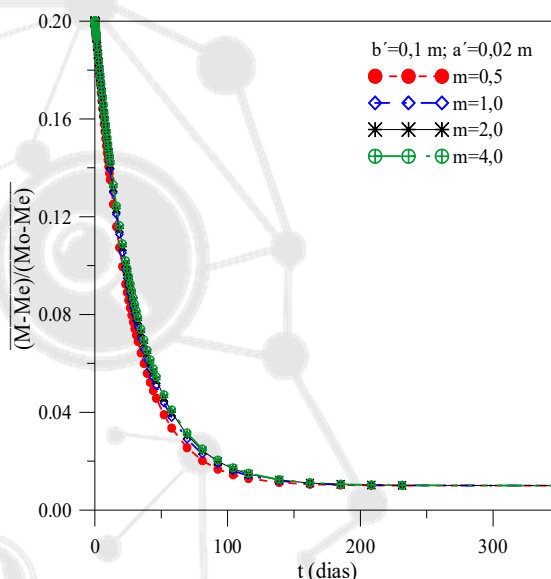


Figura 6: Teor de umidade em função do tempo com m variando (Caso 8).

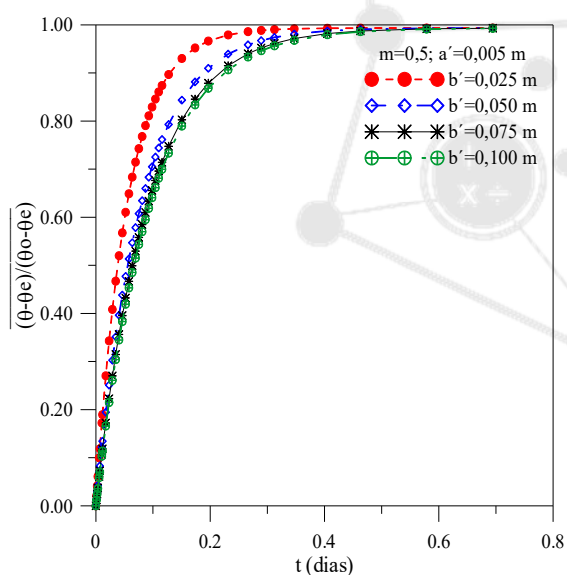


Figura 7: Temperatura em função do tempo para diferentes sólidos de revolução com $m=0,5$ (Casos 1, e 4).

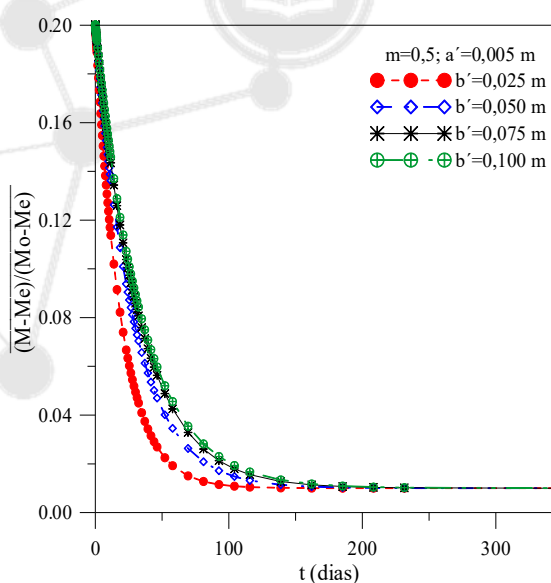


Figura 8: Teor de umidade em função do tempo para diferentes sólidos de revolução com $m=0,5$ (Casos 1, e 4).

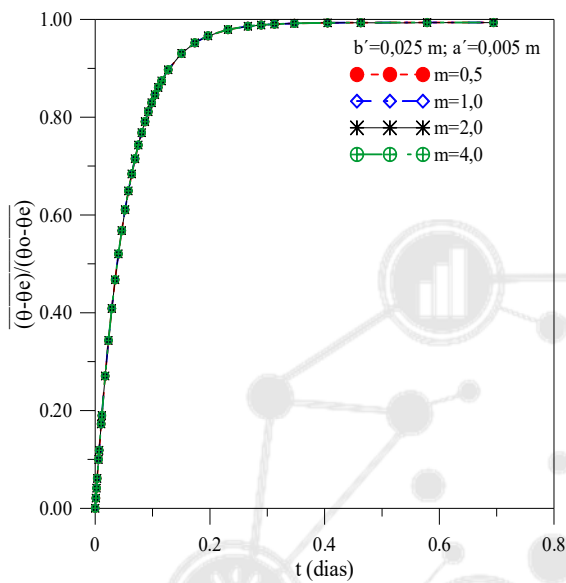


Figura 9: Temperatura em função do tempo para diferentes sólidos de revolução com m variável (Casos 1, 9, 11 e 13).

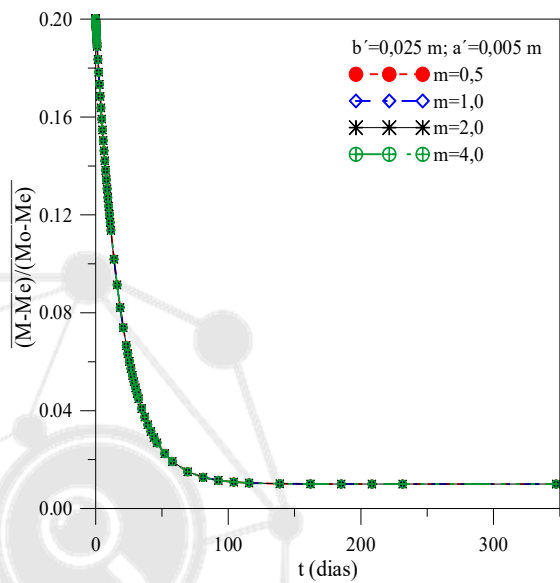


Figura 10: Teor de umidade em função do tempo para diferentes sólidos de revolução com m variando (Casos 1, 9, 11 e 13).

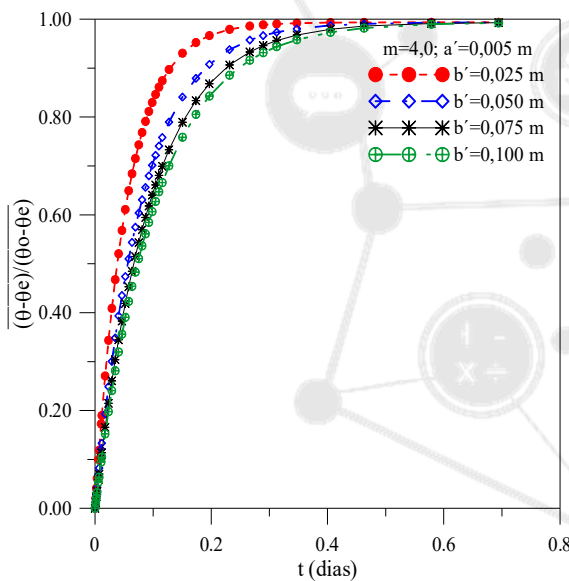


Figura 11: Temperatura em função do tempo para diferentes sólidos de revolução com $m = 4,0$ (Casos 13, 14, 15 e 16).

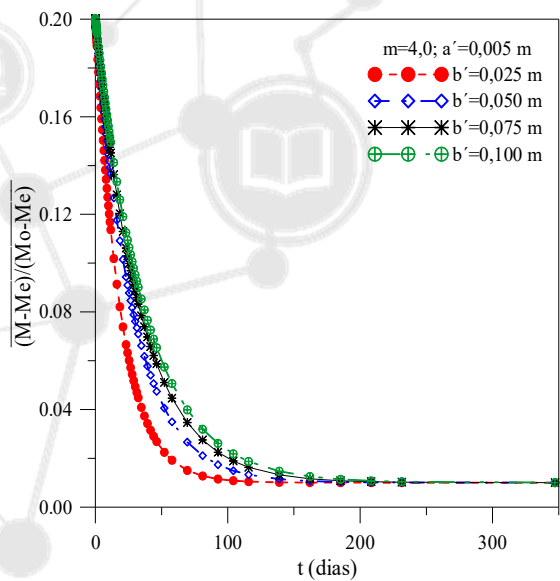


Figura 12: Teor de umidade em função do tempo para diferentes sólidos de revolução com $m = 4,0$ (Casos 13, 14, 15 e 16).

Analisando os gráficos das cinéticas de secagem da massa, verifica-se que a influência do parâmetro b' na cinética de secagem dos sólidos

cerâmicos, é mais significativa do que a do parâmetro a' (diâmetro do furo), fixado a forma do corpo. O efeito do parâmetro a' é menos influente quando os parâmetros m e b' assumem os menores valores. E ainda, a influência do parâmetro m , no processo de secagem é pequena quando comparada com os demais parâmetros. Isto é, as curvas apresentam o mesmo comportamento, com os valores do teor de umidade muito próximos. Quando se aumenta o parâmetro m ao máximo tem-se uma leve diferença do teor de umidade comparado com o parâmetro m mínimo, isto é, os comportamentos das curvas de secagem possuem uma diferença relativamente baixa entre os valores do teor de umidade ao longo do processo.

Sob outra perspectiva, os gráficos da temperatura mostram a cinética de aquecimento que corresponde a resultados do comportamento de temperatura em função do tempo para os dezenove tipos de geometrias (casos de 1 a 19). Analisando estas figuras, percebe-se que os sólidos atingem a temperatura do ar de secagem (equilíbrio térmico) mais rapidamente se comparada a transferência de massa. Tal comportamento se deve ao fato de que o coeficiente de difusão de massa no sólido é muito menor que difusividade térmica. Quando o sólido entra em equilíbrio térmico com o ar de secagem, o processo de transferência de massa no interior do sólido ocorre de forma isotérmica. Isto ocorre a partir da primeira hora do processo.

CONCLUSÕES

A partir da análise dos resultados verificou-se que a secagem ocorre no período de taxa de secagem decrescente. Foi verificado ainda que, sólido com relação área/volume mais elevada perde umidade e se aquece mais rápido.

Apesar dos problemas apresentados devido a rápida secagem, e necessidade de um controle rigoroso do processo observou-se que o tempo de secagem nesta pesquisa foi muito longo. O método da capacitância global envolve um controle rigoroso no que diz respeito aos problemas relacionados com a secagem de materiais cerâmicos, mas possui uma grande desvantagem, o custo do processo seria elevado quando comparada aos métodos de secagens utilizadas atualmente.

Neste trabalho foi proposto a modelagem matemática para o processo de secagem em materiais cerâmicos de forma geométrica arbitrária, na qual foi aplicada a 3ª condição de contorno (condução convectiva). A solução analítica das equações governantes tem sido apresentada. A formulação pode ser aplicada à sólidos de diferentes geometria e material, em diferentes condições de ar de secagem. Ênfase foi dada ao material cerâmico. Dos resultados obtidos considera-se que sólido com maior relação área/volume perdem umidade mais rápido.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AVELINO, D. O. **Estudo experimental da secagem de tijolos cerâmicos vazados industriais**, Trabalho de Conclusão de Curso (TCC), Departamento de Engenharia Mecânica, Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, 2008.

BROOKER, D. B., BAKKER-ARKEMA, F. W., HALL, C.W. **Drying and storage of grains and oilseeds**. New York: AVI Book, 1992, 450 p.

DA SILVA, W. P., RODRIGUES, A. F., SILVA C. M. D. P. S, DE CASTRO D. S., GOMES J. P. 2015. **Comparison between continuous and intermittent drying of whole bananas using empirical and diffusion models to describe the processes**. J Food Engr 166:230–6. doi:10.1016/j.jfoodeng.2015.06.018.

INCROPERA, F. P.; De WITT, D. P. **Fundamentals of heat and mass transfer**. New York: J. Wiley & Sons, 2002.

LIMA, A. G. B. **Fenômeno de difusão em sólidos esferoidais prolatos. Estudo de caso: secagem de bananas**. 1999. 256 p. Tese de Doutorado, UNICAMP, S.P,

LIMA, L. A., SILVA, J. B., LIMA, A. G. B. **Transferência de calor e massa durante a secagem de sólidos com forma arbitrária: uma abordagem concentrada**. Engenharia Agrícola **JCR**, Jaboticabal, v. 23, n.1, p. 150-162, 2003.

Lima, W. M. P. B. **Transferência de Calor e Massa em Materiais Cerâmicos com Forma Complexa Via Método da Capacitância Global**. Trabalho de Conclusão de Curso (TCC), Centro de Ciências e Tecnologia Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande – PB, Brasil, 2014, 23p.

LUCENA, C. G. **Transporte de massa durante a secagem de tijolos cerâmicos vazados via volumes finitos**, Trabalho de Conclusão de Curso (TCC), Universidade Federal de Campina Grande, Centro de Ciências e Tecnologia Campina Grande, 2014.

MARIZ, T. F. **Secagem da casca de caroço de algodão em leito fixo**. Campina Grande: Departamento de Engenharia Mecânica, Centro de Ciências e Tecnologia, Universidade Federal da Paraíba, 1986. 139p. Dissertação (Mestrado).

MUNEM, M. A., FOULIS, D. J., **Cálculo**, 1978, New York. V. 1, p. 353, 369-376.

SILVA, J. B. **Secagem de Sólidos em Camada Fina Via Análise Concentrada: Modelagem e Simulação, Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica)** – Universidade Federal de Campina Grande, Centro de Ciências e Tecnologia. Campina Grande, 2002.

SILVA, S. V. **Transferência de Calor e massa em Materiais com Forma Complexa via Método da Análise Concentrada Estudo de Caso: Secagem de Materiais Cerâmicos**. Dissertação (Doutorado em Engenharia de processos). Pós-graduação em Engenharia de Processos, Centro de Ciências e Tecnologia, Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande- PB, Brasil, 2016.

STEIL, M. C. **Fabricação de Produtos Cerâmicos**. In 44º Congresso Brasileiro de Cerâmica, 2000. São Pedro. Anais, São Paulo: Associação Brasileira de cerâmica.