

ESTUDO DA SECAGEM DE SOJA E FEIJÃO UTILIZANDO RADIAÇÃO INFRAVERMELHA E ESTUFA DE CIRCULAÇÃO DE AR

Felipe Selzer Raymann (UTFPR, Campus Ponta Grossa) E-mail: FelipeRaymann@yahoo.com.br

Maria Regina Parise (UTFPR, Campus Ponta Grossa) E-mail: parise@utfpr.edu.br

Resumo: A secagem de sólidos consiste na retirada de parte da água presente no produto. No caso dos grãos, a secagem tem o intuito de reduzir o ataque de microorganismos e o crescimento de fungos, de tal maneira que a colheita possa ser antecipada. Visando otimizar o processo de secagem, analisa-se a influência da radiação infravermelha na secagem de grãos de feijão e soja, nas temperaturas de 70°C e 80°C, quando comparadas ao processo de secagem em estufa de circulação de ar. Os resultados obtidos demonstram que o tempo de secagem pode reduzir-se em aproximadamente 80% quando se utiliza secador com infravermelho.

Palavras-chave: secagem, radiação infravermelho, estufa de circulação de ar, conservação de grãos.

DRYING OF SOYBEAN AND BEANS STUDY USING INFRARED RADIATION AND KILN AIR CIRCULATION

Abstract: The drying of solids consists in removing the water from the inside the product. In the grains case, the drying is intended to reduce the attack of microorganisms and fungal growth, then we can the crop anticipation. To optimize the drying process, the influence of infrared radiation drying was analyzed with grains of beans and soybeans, in temperatures of 70°C and 80°C, when compared to the process of kiln air circulation drying. The results showed that the drying time can be reduced by approximately 80% when using infrared dryer.

Keywords: drying, infrared radiation, kiln air circulation, conservation of grains.

1. INTRODUÇÃO

Em geral, a secagem de um sólido significa a remoção de um líquido volátil, normalmente água, de um sólido poroso, como madeira, tecido ou massa em pó, para reduzir o teor de líquido residual a um valor baixo aceitável (McCABE *et al.*, 2005; BLACKADDER, 2004).

Os métodos de secagem mais utilizados atualmente envolvem o uso de técnicas convencionais de fornecimento de energia, tais como a convecção e a condução. Entretanto, estes métodos comprometem a eficiência do processo em aumentar a produção. Com isso, o estudo de tecnologias radiantes vem ganhando espaço, já que possibilitam um significativo e imediato fornecimento de energia ao produto a ser processado, tornando a secagem mais rápida (SALAGNAC *et al.*, 2004 *apud* SANTOS, 2009).

Devido à necessidade de fontes eficientes e alternativas de energia para diminuir tempo e custos do processo, existe uma crescente investigação sobre as tecnologias de secagem via radiação eletromagnética, onde se inclui a secagem via infravermelho (MUJUMDAR, 2006 *apud* SANTOS, 2009).

A secagem por infravermelho é baseada na radiação de ondas de infravermelho, a partir de uma fonte, que interage com a estrutura interna da amostra, aumentando assim a sua temperatura e favorecendo a evaporação do teor de umidade. Além disso, a energia do infravermelho é transferida do elemento aquecido para a amostra do produto sem circulação de ar. Assim, a temperatura radiante das camadas da amostra é mais elevada do que o ar que a rodeia. Como resultado, a secagem da amostra é feita tanto no interior quanto no seu exterior

por meio dos fenômenos térmicos da radiação e da convecção, levando a uma alta taxa de calor comparado à secagem convencional (FEITOSA, 2009).

A secagem infravermelha envolve a exposição do material à radiação eletromagnética na faixa de comprimento de onda de 0,8 a 1000 μm , em que a amostra é seca diretamente pela absorção de energia infravermelha, ao invés da transferência de calor do ar como ocorre na secagem em estufa (ARSOY, 2008).

Entre as vantagens da secagem via infravermelho, encontram-se a redução do tempo de secagem e conseqüentemente no consumo de energia, além da garantia de degradação mínima da qualidade do produto. Pode-se também incluir a simplicidade e versatilidade do equipamento requerido, a fácil incorporação do aquecimento a outras técnicas de aquecimento, e também a facilidade no direcionamento da fonte de calor e transferência da energia eletromagnética no regime infravermelho para a superfície do material sem aquecimento do ar, a obtenção de altas taxas de transferência de calor com aquecedores compactos, reduzida necessidade de uma alta velocidade do ar, minimizando o contato do material submetido à secagem com o oxigênio, alta qualidade dos produtos finais e (RATTI e MUJUMDAR, 1995 *apud* SANTOS, 2009).

Arsoy (2008) em seu estudo sobre secagem de solo, concluíram que a secagem via radiação infravermelha pode reduzir em até 80% o tempo da secagem quando comparada a secagem convectiva em estufa convencional. O autor ainda cita que para o solo, esta redução pode ter implicações positivas não só no tempo de secagem, mas também na qualidade do produto final. (ARSOY, 2008).

Entretanto, esse tipo de secagem deve ser aplicada de maneira uniforme e moderada ao produto, já que com o aumento de camadas distribuídas no secador, há uma ampla variação de umidade de acordo com essa distribuição. As camadas mais próximas da radiação secam mais rapidamente quando comparadas com as camadas mais afastadas (PHAN, 2004).

Visando sanar esse problema, Das (2003) fez um estudo em que se aplicava vibração juntamente com a radiação infravermelha, pois, para secar grãos em um leito profundo, algum tipo de agitação externa deveria ser aplicado, como a vibração, de forma que cada grão poderia receber a radiação de maneira uniforme. O pesquisador obteve resultados satisfatórios.

De acordo com Phan (2003), se a secagem via radiação infravermelha não for aplicada de forma adequada, isto é, respeitando as temperaturas e tempos previamente estabelecidos para cada tipo de produto, podem ocorrer danos fisiológicos ao material, como por exemplo, coloração, dureza e germinação.

Neste sentido, o objetivo desse trabalho é comparar a secagem via radiação infravermelha frente ao método convencional de secagem em estufa de circulação.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

PREPARAÇÃO DA AMOSTRA

As amostras utilizadas para os ensaios de secagem foram:

- Feijão, da variedade carioca, classe cores, tipo 1, grupo I-comum da empresa Pontarolo;
- Soja adquirida da empresa FT Produções e Comércio de Sementes LTDA, safra 2008/2009.

A Tabela 1 mostra a caracterização física dos grãos analisados.

A fim de padronizar a umidade inicial dos grãos a serem secos, fez-se a determinação do tempo necessário no banho ultratermostático modelo SL-152/10, marca SOLAB, a 60°C, para que estes ficassem com umidade próxima a 30% em base seca.

Tabela 1 – Características gerais das amostras

Amostra	Diâmetro médio (mm)	Esfericidade	Densidade (g/cm ³)
Feijão	5,78	0,666	1,109
Soja	5,72	0,826	1,219

Fonte: Autoria Própria

Para essa determinação, coloca-se o material no aparelho já estabilizado, e após aproximadamente 30 minutos, parte da amostra é retirada e colocada em um recipiente fechado. Esse procedimento foi repetido por 7 horas. Em seguida, as amostras foram levadas para a estufa convencional a 105°C por 24 horas.

A massa da amostra após esse tempo no banho é denominada massa úmida, e a massa da amostra após 24 horas na estufa, massa seca, sendo a massa de água determinada pela diferença desses valores. A porcentagem de umidade em base seca é calculada por:

$$X(\%) = \frac{\text{massa de água}}{\text{massa seca}} \cdot 100 \quad (1)$$

Os resultados do tempo para a padronização da umidade estão dispostos na Tabela 2, abaixo.

Tabela 2 – Tempo para a padronização da umidade

Amostra	Tempo (min)	X (%)
Feijão	240	30,33
Soja	270	30,26

Fonte: Autoria Própria

SECAGEM NA ESTUFA DE CIRCULAÇÃO DE AR

Para a realização dos ensaios de secagem, que é feita após a reumidificação dos grãos, são necessários pequenos recipientes previamente enumerados, pesados e vedados. Neles serão colocados os grãos úmidos, que são levados a estufa de circulação de ar na qual são submetidos à secagem a temperatura de 70°C e 80°C. Os recipientes são retirados em pequenos intervalos de tempo, fechados e colocados no dessecador. Assim que todos os recipientes retirados atinjam a temperatura ambiente, estes devem ser pesados para voltarem à estufa na qual permanecem por mais 24 horas, à temperatura de 105°C. Feito isso os recipientes novamente são pesados, para assim calcular a porcentagem de umidade presente nos grãos.

A Figura 1 mostra a ilustração da estufa de circulação utilizada.

SECAGEM NO INFRAVERMELHO

Na realização dos ensaios de secagem utilizando radiação infravermelha, também é necessário grãos com um nível padrão de umidade inicial, fenômeno obtido através do reumedecimento dos grãos. Programa-se então, no secador infravermelho modelo IV4040 da marca

GEHAKA[®], a temperatura sob a qual os grãos passarão pelo processo de secagem, aguardando cerca de 30 minutos para que ocorra a estabilização da mesma. Feito isso, colocam-se os grãos no recipiente do secador, pesando-os na balança integrada ao secador infravermelho. A massa informada pelo secador logo no início do processo é conhecida como massa úmida. Com o passar do tempo a amostra vai perdendo umidade e conseqüentemente perdendo massa. Dessa forma é necessário registrá-la de minuto em minuto, para posteriormente calcular a quantidade de umidade presente na amostra para então elaborar-se a curva de secagem.

Nos estudos realizados neste trabalho, as temperaturas de secagem foram de 70°C e 80°C, e tempo em torno de 1 hora.

A Figura 2 mostra a ilustração do secador infravermelho utilizado.

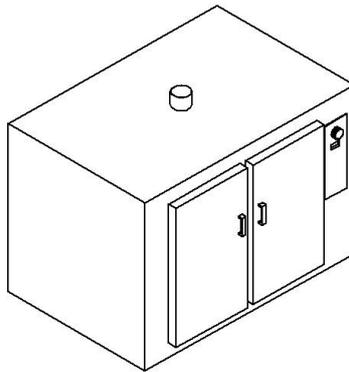


Figura 1 – Esquema da estufa de circulação de ar

Fonte: Autoria própria

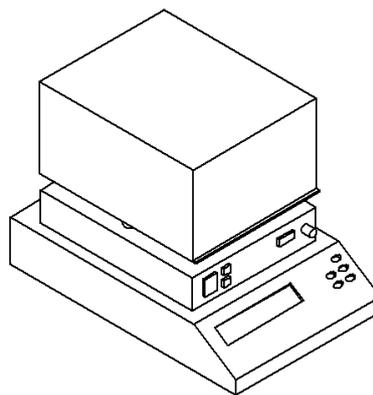


Figura 2 – Esquema do secador infravermelho

Fonte: Autoria própria

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

O objetivo de se colocar as amostras na estufa, e retirá-las de tempos em tempos, é analisar a quantidade de umidade perdida em função do tempo. Como todas as amostras passaram por um processo de padronização de umidade, considera-se que, inicialmente, todas tenham teor de umidade próximo. Dessa forma, ao levar as amostras na estufa por 24 horas, considera-se que a massa de água presente em cada amostra é diferente, devido ao tempo que cada uma foi submetida à secagem.

Com as considerações da secagem em estufa de circulação, para o cálculo da secagem em um secador infravermelho, analisou-se a variação da massa de água em intervalos regulares de

tempo. Dessa forma, foi possível determinar se o método de secagem via radiação infravermelha, é realmente mais eficaz.

Os gráficos a seguir foram construídos com base nas análises de secagem dos grãos de feijão, na estufa de circulação de ar e no secador infravermelho.

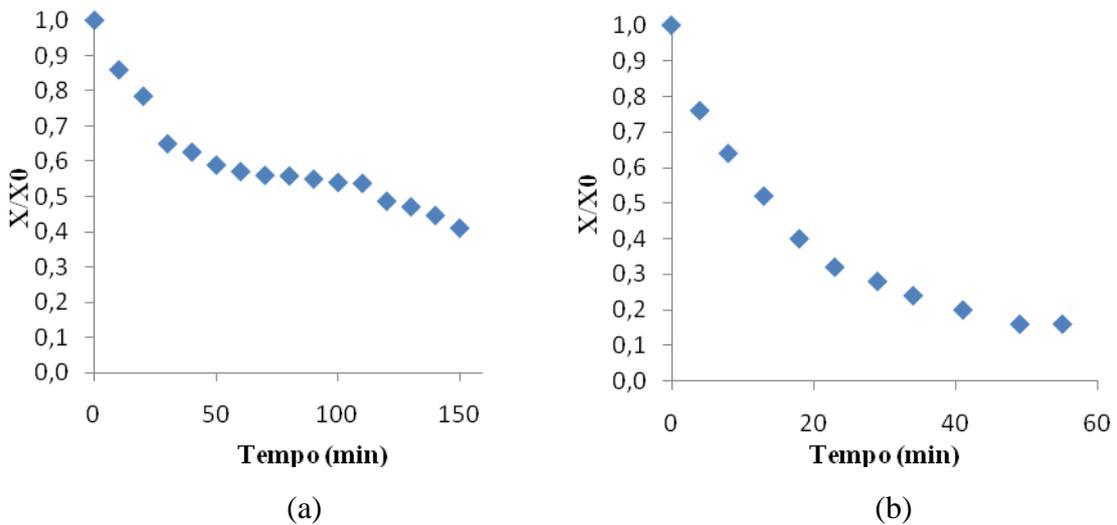


Figura 3 – Curvas de secagem para os grãos de feijão a 70°C (a) em estufa de circulação de ar (b) em secador infravermelho

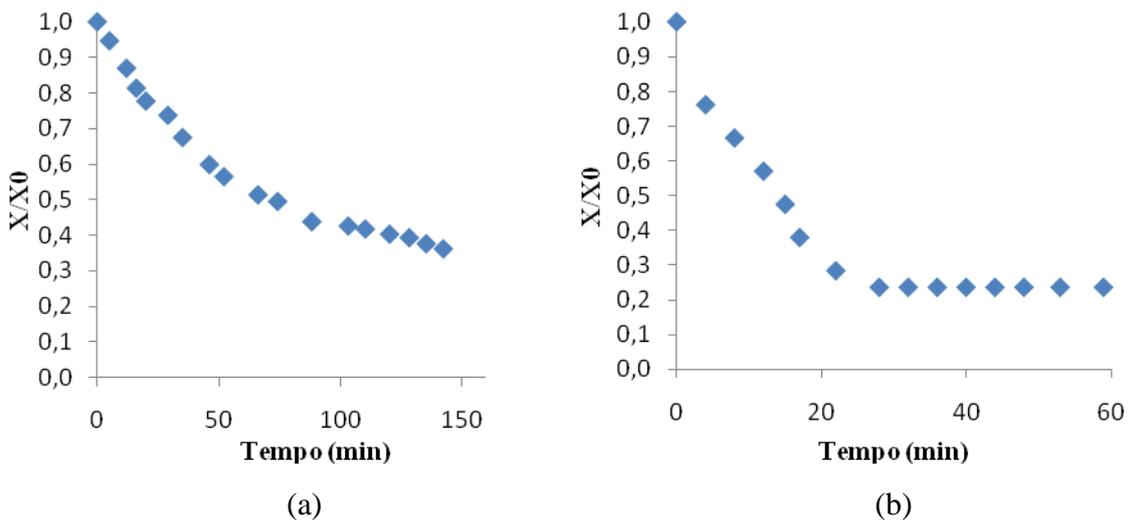


Figura 4 – Curvas de secagem para os grãos de feijão a 80°C (a) em estufa de circulação de ar (b) em secador infravermelho

No eixo das ordenadas, X/X_0 corresponde à umidade relativa, ou seja, o primeiro valor é considerado o máximo, e os pontos a seguir são dados em função deste.

Como previsto, o tempo de secagem decresce com o aumento da temperatura, tanto na secagem em estufa, quanto no secador infravermelho.

Analisando os tempos de secagem, percebe-se que para o feijão ter umidade relativa próxima a 0,40 na secagem a 70°C, na estufa, esse o tempo necessário de secagem é de 150 minutos aproximadamente, enquanto que no secador infravermelho, o tempo é de 18 minutos.

O mesmo ocorre na secagem do feijão a 80°C, onde os tempos são de 120 e 17 minutos para a estufa de circulação e o secador infravermelho, respectivamente.

Visando analisar a influência da radiação infravermelha em outros materiais, repetiram-se os ensaios de secagem em grãos de soja.

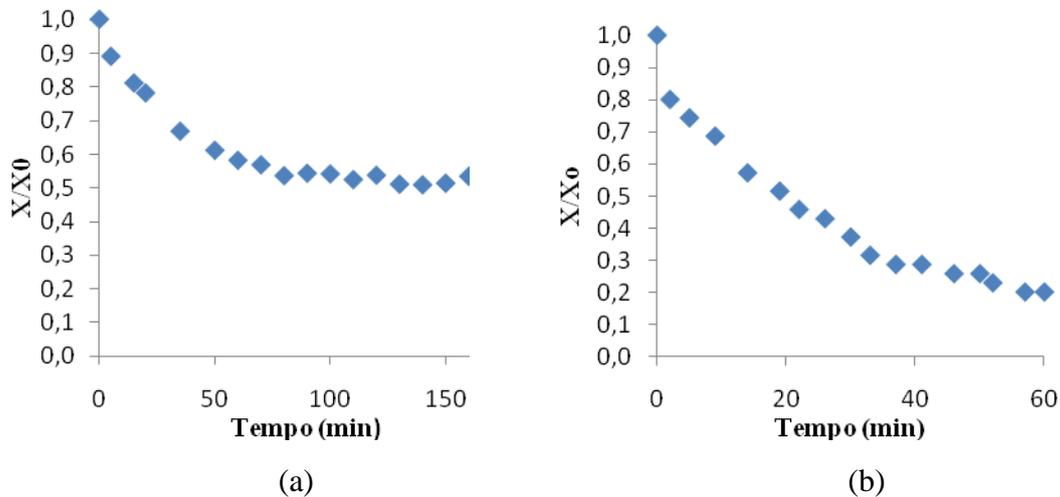


Figura 5 – Curvas de secagem para os grãos de soja a 70°C (a) em estufa de circulação de ar (b) em secador infravermelho

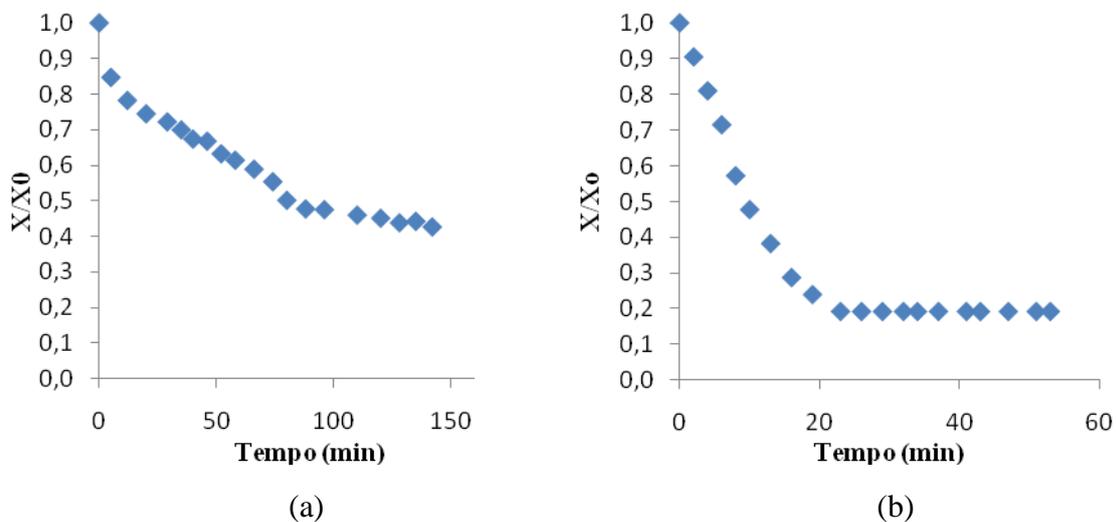


Figura 6 – Curvas de secagem para os grãos de soja 70°C (a) em estufa de circulação de ar (b) em secador infravermelho

Nessa análise, um fenômeno interessante foi observado, a soja por ser altamente higroscópica, perde umidade facilmente. Em decorrência dessa característica, a curva de secagem para estufa de circulação de ar, estabiliza-se rapidamente. Porém na secagem via radiação infravermelha, sua estabilidade ocorre em teores de umidade menores.

Os estudos do tempo de secagem demonstram que para uma umidade relativa de 0,50, a amostra deve permanecer na estufa por 140 minutos a 70°C, enquanto que no secador infravermelho à mesma temperatura, o tempo reduz-se a 19 minutos.

Da mesma maneira, em 80°C, para a razão X/X_0 ser de 0,50, o tempo na estufa de circulação é 80 minutos, e no secador 10 minutos.

As considerações feitas por Arsoy (2008), de que na secagem de solo, o tempo de secagem via radiação infravermelha pode reduzir em até 80% o tempo total do processo, quando comparada à secagem em estufa convencional, foram respeitadas, podendo essa consideração ser aplicada também aos grãos de feijão e soja.

O comportamento cinético da secagem dos grãos de feijão e soja, em ambos os métodos, é caracterizado por ocorrerem em etapas de taxa decrescente, assim como demonstra os gráficos abaixo.

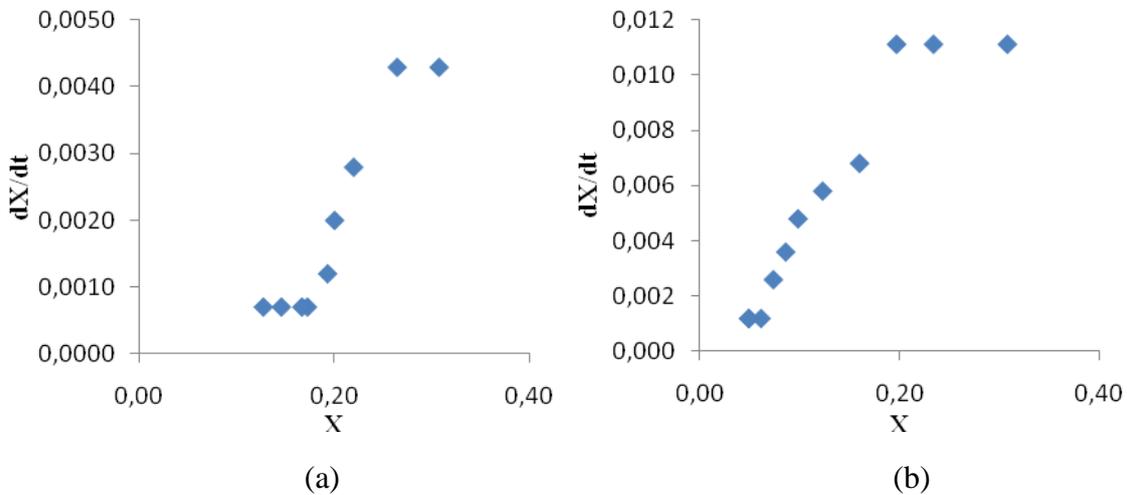


Figura 7 – Taxas de secagem para os grãos de feijão a 70°C (a) em estufa de circulação de ar (b) em secador infravermelho

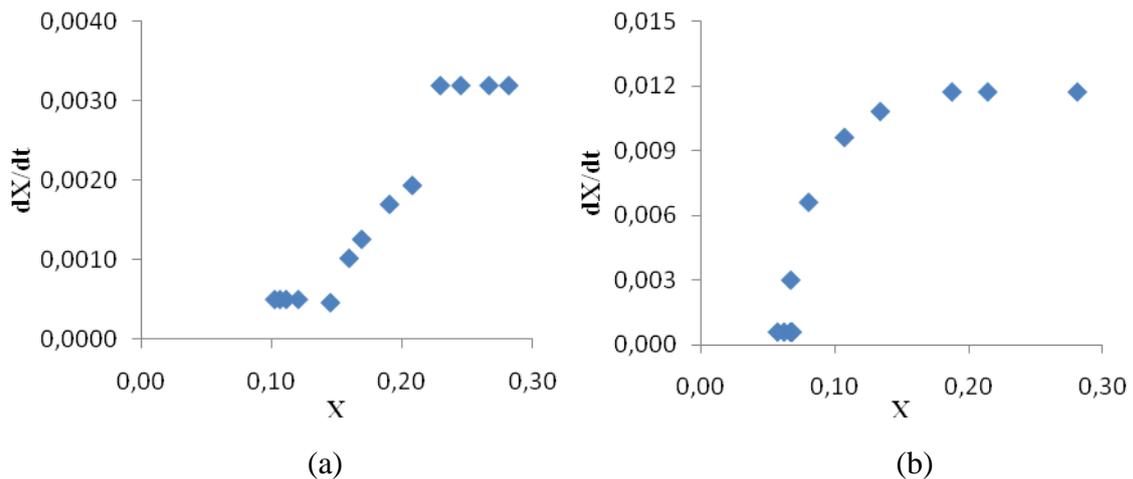


Figura 8 – Taxas de secagem para os grãos de feijão a 80°C (a) em estufa de circulação de ar (b) em secador infravermelho

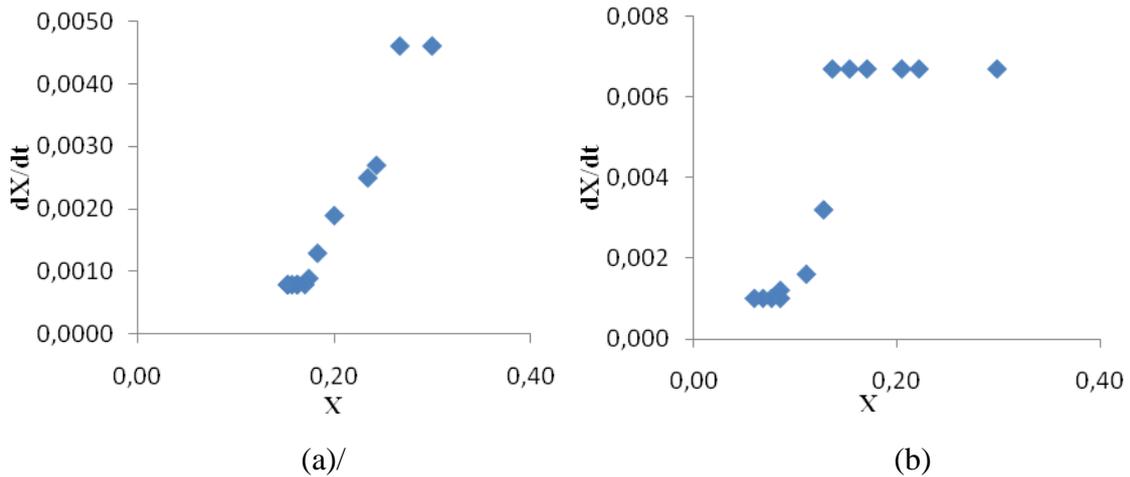


Figura 9 – Taxas de secagem para os grãos de soja a 70°C (a) em estufa de circulação de ar (b) em secador infravermelho

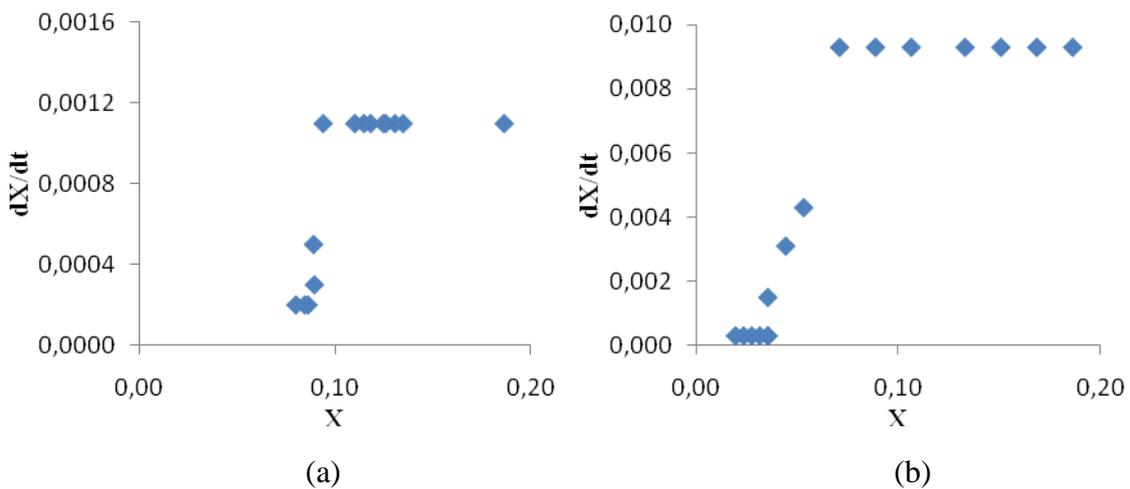


Figura 10 – Taxas de secagem para os grãos de soja a 80°C (a) em estufa de circulação de ar (b) em secador infravermelho

As taxas de secagem foram maiores no início do processo, diminuindo com o tempo, em virtude da remoção de umidade. Esse fato ocorre porque uma maior quantidade de energia é absorvida pela água livre, porém com o passar do tempo, a água livre é perdida e a penetração de calor inicia-se em áreas de água ligada, reduzindo assim a taxa de secagem.

O aumento da temperatura de secagem e da intensidade de radiação infravermelha pode ter causado um ligeiro aumento na temperatura da superfície dos grãos, ocasionando um aumento da pressão de vapor d'água dentro das partículas, logo, justificando as maiores taxas de secagem (FASINA *et al.*, 2001 *apud* SANTOS, 2009).

4. CONCLUSÃO

Os ensaios de secagem, mesmo em escala laboratorial, são de grande valia para a determinação do tempo de secagem de sólidos. No caso dos grãos, a correta secagem auxilia na conservação destes, já que ocorre um impedimento da formação de microorganismos que possam deteriorar o produto.

Os métodos experimentais empregados na realização do trabalho mostraram-se adequados para ambos os métodos de secagem.

O tempo de secagem depende da temperatura utilizada, porém esta deve respeitar os limites de cada material, já que a altas temperaturas os grãos podem desnaturar, perdendo as suas funções de proliferação da espécie, ou até mesmo comprometendo a extração de produtos advindos desses materiais.

Com base nos resultados obtidos, comprova-se que o método de secagem via radiação infravermelha também é eficiente para os grãos de soja e feijão, sendo a temperatura fator de grande influência no tempo de secagem, teor final de umidade e qualidade do produto.

REFERÊNCIAS

- ARSOY, Sami.** *Temperature-Controlled Infrared Drying Characteristics of Soils*. Drying Technology, London, volume 26, issue 12, 1477-1483, 2008.
- BLACKADDER, D. A.; NEDDERMAN, R. M.** *Manual de operações unitárias: destilação de sistemas binários, extração de solvente, absorção de gases, sistemas de múltiplos componentes, trocadores de calor, secagem, evaporadores, filtração*. São Paulo: Hemus, 2004.
- FASINA, O. O.; TYLER, B.; PICKARD, M.; ZHENG, G.; WANG, N.** *Effect of Infrared Fellows, P. Food processing technology: principles and practice*. 2. ed. England: Woodhead Pub., 2000. 1 CD-ROM.
- FEITOSA, Ingrid Cavalcanti.** *Produção de enzimas lipolíticas utilizando bactéria isolada de solo com histórico de contato com petróleo em fermentação submersa*. 2009. 104 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Processos) - Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Processos, Universidade Tiradentes, Aracaju, 2009.
- DAS Ipsita, DAS S. K., BAL Satish.** *Drying performance of a batch type vibration aided infrared dryer*. Journal of food engineering, Kharagpur, 2003.
- MCCABE, Warren L.; SMITH, Julian C.; HARRIOTT, Peter.** *Unit operations of chemical engineering*. 7. ed. New York: McGraw-Hill, 2005.
- MUJUMDAR, A. S.** *Handbook of industrial drying*. 2. ed. New York: Marcel Dekker, 1995.
- PHAN, Z.** *Study of drying paddy rice using infrared radiation*. IFT Annual Meeting, Las Vegas, 2004.
- RATTI, C. MUJUMDAR, A. S.** Infrared Drying. In: MUJUMDAR, A. S. (Vol. Eds.). *Handbook of Industrial Drying*. Volume 1. New York: Marcell Dekker Inc., 1995, p. 567-588.
- SALAGNAC, P.; GLOUANNEC, P. and LECHARPENTIER, D.** *Numerical modeling of heat and mass transfer in porous medium during combined hot air, infrared and microwave heating*. International Journal of heat and mass transfer, 47, p. 4479-4489, 2004.
- SANTOS, Cleiton José Rodrigues dos.** *Secagem de sementes de girassol via radiação infravermelho e convecção forçada de ar aquecido*. 2009. 87 f.