

Determinação e modelagem das propriedades térmicas e aerodinâmicas do feijão carioca em diferentes teores de água.

Mateus Morais Santos^{1*(PG)}, Ivano Alessandro Devilla^{1(PQ)}, Pâmella de Carvalho Melo^{1(PG)}, Arlindo Modesto Antunes^{1(PG)}

Universidade Estadual de Goiás (UEG), Campus Ciências Exatas e Tecnológicas – Henrique Santilo, Br 153 nº 3.105 - Fazenda Barreiro do Meio - Caixa Postal: 459. CEP: 75.132-903, Anápolis - Goiás - Brasil. *E-mail: mateus_eng.agricola@hotmail.com. Autor para correspondência.

Resumo: Na pós-colheita, a secagem é o processo mais utilizado para assegurar a qualidade e a estabilidade dos produtos agrícolas, pois a diminuição da quantidade de água reduz a atividade biológica e as mudanças químicas e físicas que ocorrem nos grãos no decorrer do armazenamento. O presente trabalho objetivou determinar e modelar as propriedades térmicas (condutividade térmica, calor específico e difusividade térmica) e aerodinâmicas (velocidade terminal experimental) dos grãos de feijão Carioca, cultivar BRS Estilo, em diferentes teores de água. As propriedades foram investigadas em sete teores de água (32,9; 28,1; 24,9; 21,9; 18,9; 16,2; 13,6 %b.s.), após a coleta de dados, foram ajustados modelos matemáticos aos dados experimentais e na escolha do melhor modelo, foram considerados: o coeficiente de determinação ajustado (R^2) e o erro relativo médio (P). A análise dos resultados permitiu concluir que a condutividade térmica, calor específico e difusividade térmica, diminuíram 22,7; 12,7; 14,3%, respectivamente, quando do decréscimo do teor de água de 32,9 para 13,6% b.s. A velocidade terminal experimental foi elevada em 15,3 % com aumento do teor de água.

Palavras-Chave: condutividade térmica, calor específico, difusividade térmica, velocidade terminal, *phaseolus vulgaris*.

Introdução

O feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) é uma espécie vegetal pertencente à família Fabaceae, de extrema importância na alimentação humana, sendo de fácil acesso e uma importante fonte de proteína, complexos minerais, vitaminas e compostos fenólicos (DIAS et al., 2010). Sua produção e consumo são observados principalmente na América do Sul, Caribe, América Central e África (LUNA-VITAL et al., 2015), sendo uma das culturas mais amplamente cultivadas no Brasil e no mundo (ZUCARELI et al., 2015).

O feijoeiro é cultivado em diversas regiões brasileiras em diferentes tipos de manejo e condições climáticas, favorecendo a implantação de novas cultivares mais resistentes e com características desejáveis para atender ao consumidor final (PEREIRA et al., 2009).

O Brasil é um dos principais produtores mundiais desse grão, com 3.182,7 mil toneladas produzidas na safra 15/16, sendo este um dos principais alimentos que compreende a cesta básica brasileira (CONAB, 2016).

A produção de grãos com elevada qualidade requer entre outras recomendações que, o produto seja colhido sadio e antecipadamente, visando minimizar as perdas ocasionadas no campo pelos ataques de insetos e microrganismos. Dessa maneira, devido ao conteúdo de umidade do feijão ser elevado, após a colheita, faz-se necessário a secagem do grão, a fim de prolongar o seu período de armazenamento (DOYMAZ et al., 2015).

Na fase de pós-colheita do feijão, a secagem é o processo mais utilizado para assegurar sua qualidade e estabilidade, pois a diminuição da quantidade de água reduz a atividade biológica e as mudanças químicas e físicas que ocorrem nos grãos no decorrer do armazenamento (RESENDE et al., 2008). Com isso existe a necessidade de obter informações a respeito de suas propriedades, que são de suma importância para auxiliar no processamento pós-colheita além de fornecer um conjunto de dados aos engenheiros e projetistas, que servirão de base na elaboração de máquinas, estruturas, processos de controle e proporcionar melhor eficiência de um equipamento ou operação (ARAUJO et al., 2014).

O ajuste de modelos matemáticos aos dados experimentais, são essenciais para prever e simular o comportamento dos grãos que são submetidos a um determinado processo. Portanto, o uso de modelos matemáticos no decorrer da secagem, contribui para a execução dos projetos e dimensionamento dos equipamentos, bem como a compreensão dos processos relacionados (CORRÊA et al., 2011).

Em face ao exposto, este estudo teve como objetivo, determinar e modelar as propriedades térmicas e aerodinâmicas dos grãos de feijão carioca durante o processo de secagem, de forma a contribuir para o adequado processamento dos mesmos.

Material e Métodos

Os experimentos foram realizados no Laboratório de Secagem e Armazenamento de Produtos Vegetais da Universidade Estadual de Goiás, Anápolis – GO.

Os grãos de feijão Carioca (*Phaseolus vulgaris* L.), cultivar BRS Estilo, produzidos pela Embrapa Arroz e Feijão, localizada em Santo Antônio de Goiás, foram utilizados neste trabalho, estes foram armazenados com teor de água inicial 32,9% b.s., em sacos de polietileno e acondicionados em um freezer à 8°C até o início dos experimentos. O teor de água inicial foi determinado pelo método padrão da estufa, à temperatura de $105 \pm 3^\circ\text{C}$, durante 24 h, em três repetições (BRASIL 2009).

Amostras de aproximadamente 0,8 Kg de grãos foram colocadas em peneiras, e levados à estufa com circulação forçada de ar, na temperatura constante de $35^\circ\text{C} \pm 1$. A redução do teor de água ao longo da secagem foi acompanhada pelo método gravimétrico, com auxílio de uma balança analítica com precisão de 0,01g. Os grãos foram secos até atingirem os teores de água (28,1; 24,9; 21,9; 18,9; 16,2; 13,6% b.s.). Para cada teor de água obtido, o produto foi homogeneizado e encaminhado para determinação das propriedades térmicas e aerodinâmicas.

Na determinação das propriedades térmicas, os grãos de feijão foram inicialmente retirados do freezer por seis horas, para que sua temperatura atingisse o equilíbrio com a temperatura ambiente. As propriedades térmicas foram determinadas em 5 repetições para cada teor de água, em que as amostras foram homogeneizadas e colocadas em um béquer e posteriormente, foi utilizado o equipamento KD2-PRO, com sonda de hastes paralelas. A sonda foi introduzida no centro da amostra de grãos e após 10 minutos obteve-se os valores da condutividade térmica, difusividade térmica e calor específico.

Na determinação da velocidade terminal experimental dos grãos de feijão, foi utilizado o equipamento mostrado na Figura 1 e composto por um ventilador centrífugo, conectado a um tubo de acrílico transparente, com diâmetro de 0,15 m e 2 m de comprimento. A 1 m da parte superior instalou-se uma tela perfurada, para colocação do produto e a 1,75m acoplou-se um reticulador, para uniformizar a distribuição da velocidade do ar na seção transversal do tubo. O ventilador foi

acionado por um motor trifásico de 0,735 kW e o controle da vazão do fluxo de ar realizado por meio de um inversor de frequência.

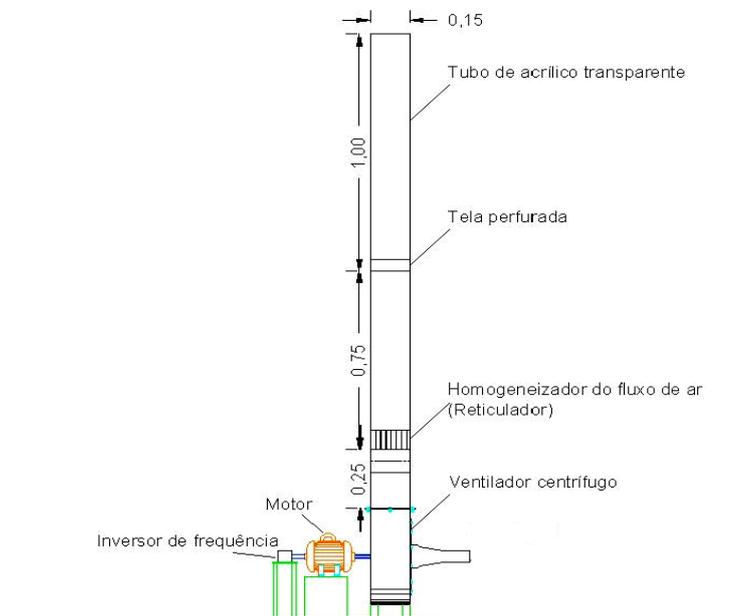


Figura 1. Desenho esquemático do equipamento utilizado para a determinação da velocidade terminal experimental.

A velocidade terminal experimental foi determinada em seis repetições para cada teor de água. Na peneira foram colocados aproximadamente 50 gramas de feijão, logo após, o equipamento foi regulado até o fluxo de ar iniciar o processo de flutuação do produto. Nesse momento realizou-se a leitura da velocidade do ar, por meio de um anemômetro digital, disposto na parte superior e central do cilindro de acrílico.

Aos dados experimentais das propriedades térmicas e aerodinâmicas dos grãos de feijão Carioca, cultivar BRS Estilo, foram ajustadas equações de regressão linear e polinomial de segundo grau, utilizando o software STATISTICA 12.0. Na escolha do melhor modelo foram considerados a magnitude do coeficiente de determinação ajustado (R^2) e o erro relativo (P), equação 1.

$$P = \frac{100}{n} \sum_{i=1}^n \frac{|Y - Y_0|}{Y} \quad (1)$$

Em que: Y e o valor observado experimentalmente; Y_0 e o valor calculado pelo modelo; n e o número de observações experimentais.

Resultados e Discussão

Na Tabela 1 são mostrados os valores médios da condutividade térmica, calor específico e difusividade térmica dos grãos de Feijão Carioca, cultivar BRS Estilo, em diferentes teores de água, bem como seus respectivos desvios.

Tabela 1. Médias e desvios dos valores de condutividade térmica, calor específico e difusividade térmica dos grãos de Feijão Carioca, cultivar BRS Estilo, em diferentes teores de água.

| Teor de Água (% b.s.) | Condutividade Térmica ($W m^{-1} ^\circ C^{-1}$) | Calor Específico ($MJ m^{-3} K^{-1}$) | Difusividade Térmica ($mm^2 s^{-1}$) |
|-----------------------|--|---|--|
| 32,9 | 0,2698±0,02 | 1,97±0,16 | 0,14±0,010 |
| 28,1 | 0,2350±0,03 | 1,61±0,19 | 0,15±0,008 |
| 25,0 | 0,2572±0,05 | 1,91±0,29 | 0,14±0,018 |
| 21,9 | 0,2304±0,03 | 1,73±0,22 | 0,13±0,003 |
| 19,0 | 0,2136±0,06 | 1,84±0,47 | 0,12±0,008 |
| 16,3 | 0,1982±0,02 | 1,73±0,14 | 0,12±0,009 |
| 13,6 | 0,2084±0,03 | 1,72±0,22 | 0,12±0,007 |

Constata-se, de acordo com a Tabela 1, que a condutividade térmica, calor específico e difusividade térmica, diminuíram 22,7; 12,7; 14,3%, respectivamente, juntamente com o decréscimo do teor de água de 32,9 para 13,6% b.s. Os mesmos comportamentos também foram observados por Legrand et al. (2007) estudando feijão vermelho; Shrestha e Baik (2010) com sementes de saponaria vaccaria e Yu et al. (2015) com sementes de canola.

A condutividade térmica e o calor específico, apresentaram a mesma tendência de outros produtos, tais como: grãos de quinoa, Nunes (2009); grãos de trigo, Ribeiro et al. (2007); grãos de milho, Andrade et al. (2004); grãos de milho, painço e alpiste, Corrêa et al. (2004); grãos de soja, Ito (2003); café cereja, Borém et al. (2002). O fato da condutividade térmica apresentar maior valor médio para um teor de água mais alto, está diretamente associado ao aumento da porosidade a medida que se aumenta o teor de água do produto, uma vez que, segundo Incropera e De Witt (1996), a condutividade térmica de um material é a medida da sua capacidade para conduzir calor; nos alimentos, ela depende principalmente, da

composição, mas também, da presença de espaços vazios e de sua homogeneidade. Já o calor específico este é necessário para determinar a quantidade de energia requisitada nos processos de aquecimento e resfriamento de alimentos, que por definição, está relacionada com a energia calorífica necessária para aquecer as amostras a uma temperatura desejada (YU et al., 2015).

O comportamento observado para difusividade térmica, corrobora com o descrito por Borges et al. (2009), para grãos de soja. Foi observado que a medida que decresce o teor de água diminui o valor de difusividade térmica. Os dados encontrados nesse trabalho para difusividade térmica, diferem dos observados por Corrêa et al. (2004) para grãos de milho, painço e alpiste; Ribeiro et al. (2007) para grãos de trigo e Jian et al. (2013) com canola, nos quais a difusividade térmica aumentou com o decréscimo do teor de água dos grãos. Em outros trabalhos podemos verificar uma grande variabilidade nos valores de difusividade térmica para a massa de grãos de diferentes variedades, em função do teor de água. Ribeiro et al. (2007), verificou que vários fatores influenciam a quantidade de calor que atravessa uma massa granular, desta forma, os valores da difusividade térmica podem variar entre produtos e variedades devido, principalmente, à sua composição, massa específica, porosidade e teor de água.

Na Tabela 4, encontram-se os parâmetros estatísticos e as equações ajustadas, utilizados na determinação das propriedades térmicas, nos diversos teores de água para o Feijão Carioca, cultivar BRS Estilo.

Tabela 4. Equação ajustada, coeficientes de determinação (R^2 , decimal), erros médios relativos (P, %), das propriedades térmicas analisadas, para diferentes teores de água, do Feijão Carioca, cultivar BRS Estilo.

| Propriedades Térmicas | Equações | R^2 | P |
|-----------------------|---|-------|------|
| Condutividade Térmica | $K = 0,150 + 0,004 * U$ | 0,91 | 7,68 |
| Calor Específico | $C = (1,923 - 0,021) * U + 0,001 * U^2$ | 0,20 | 7,31 |
| Difusividade Térmica | $D = 0,095 + 0,001 * U$ | 0,83 | 5,18 |

Em outros trabalhos são citados uma relação linear entre a propriedade calor específico e teor de água, porém isso não foi observado nesse estudo, apresentando uma relação não-linear, o que corrobora com o observado por Razavi e Taghizadeh (2007), para grãos de pistache. Segundo Madamba et al. (1996), um parâmetro sozinho, não é um bom critério para a seleção de modelos, por isso utilizou-se como principal parâmetro para a escolha do modelo o erro médio relativo (P). Em relação ao calor específico, o (P) apresentou um valor de 7,31. Segundo Mohapatra e Rao (2005), os valores de erro médio relativo inferiores a 10% são recomendados para a seleção de modelos. Para todas as variáveis estudadas esses modelos se mostraram preditivos levando em consideração o erro médio relativo (P).

Propriedade aerodinâmica

Na Tabela 5 encontram-se as médias e desvios padrões dos valores da velocidade terminal experimental, nos diferentes teores de água para o Feijão Carioca, cultivar BRS Estilo.

Tabela 5. Médias e desvios dos valores das velocidades terminal experimental, do Feijão Carioca, cultivar BRS Estilo, para os teores de água estudados.

| Teor de Água (% b.s.) | Velocidade Terminal (m s ⁻¹) |
|-----------------------------|--|
| 32,9 | 4,64±0,04 |
| 28,1 | 4,18±0,06 |
| 25,0 | 4,29±0,03 |
| 21,9 | 4,27±0,02 |
| 19,0 | 4,11±0,11 |
| 16,3 | 4,14±0,05 |
| 13,6 | 3,93±0,09 |

Nota-se um aumento de 15,3 % da velocidade terminal experimental em função do aumento do teor de água. A mesma tendência foi encontrada para grãos de quinoa, observados por Nunes (2009); grãos de feijão, observados por Isik e Unal, (2011); Gharibzahedi et al. (2011) trabalhando com mamona; Shirkole et al. (2011) com soja; Yilmaz et al. (2012) com gergelim; Izli, (2015) com sementes de Kenaf. Este é o comportamento observado para a maioria dos grãos, já que o aumento da velocidade terminal com o aumento teor de água dentro do intervalo de

estudo pode ser atribuído ao aumento em massa de um grão por unidade de área frontal submetido ao fluxo de ar.

Ressalta-se que, a velocidade terminal é influenciada pela forma do produto, teor de água, tamanho, orientação, viscosidade do meio, e pelas massas específicas da partícula e do fluido (TRETTO, 2012). A outra razão para este aumento da velocidade terminal experimental com o aumento do teor de água é que a força de arrasto é afetada pelo teor de água das partículas (AHMADI e SIAHSAR, 2011).

Na Tabela 6, encontram-se os parâmetros estatísticos e a equação ajustada, da velocidade terminal experimental, nos diversos teores de água para o feijão-carioca, cultivar BRS Estilo.

Tabela 6. Equação ajustada, coeficientes de determinação (R^2 , decimal), erro médio relativo (P, %), para velocidade terminal experimental, em diferentes teores de água do Feijão Carioca, cultivar BRS Estilo.

| Propriedade Aerodinâmica | Equação | R^2 | P |
|--------------------------|-----------------------------|-------|------|
| Velocidade Terminal | $V_t = 3,59 + 0,03 \cdot U$ | 0,83 | 3,34 |

Nota-se, na Tabela 6, que o modelo linear ajustou-se adequadamente aos dados da velocidade terminal experimental, com um bom coeficiente de determinação (R^2), e baixo erro médio relativo (P), abaixo de 10%, a mesma tendência foi encontrada por outros autores trabalhando com outros grãos, como observados por Ahmadi e Siahisar (2011); Izli, (2015).

Considerações Finais

De acordo com os resultados obtidos e nas condições em que foi desenvolvido este trabalho, pode-se concluir que:

- Condutividade térmica, calor específico, difusividade térmica e a velocidade terminal experimental dos grãos de feijão, são diretamente proporcionais ao teor de água.

Agradecimentos

Ao apoio financeiro da Capes.

Referências

- AHMADI, S. M. e SIAHSAR, B. A. Analogy of physicochemical attributes of two grape seeds cultivars. **Ciencia e investigación agraria**, v.38, n.2, p.291-301, 2011.
- ANDRADE, T. E.; COUTO, S. M.; QUEIROZ, D. M.; PEIXOTO, A. B. Determinação de propriedades térmicas de grãos de milho. **Ciência e agrotecnologia**, Lavras, v. 28, n. 3, p. 488-498, 2004.
- ARAUJO, W. D.; GONELI, A. L. D.; DE SOUZA, C. M. A.; GONÇALVES, A. A.; VILHASANTI, H. C. B. Propriedades físicas dos grãos de amendoim durante a secagem. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.18, n.3, p.279–286, 2014.
- BORÉM, F. M.; RIBEIRO, R. C. M. S.; CORRÊA, P. C.; PEREIRA, R. G. F. A. Propriedades térmicas de cinco variedades de café cereja descascado. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.6, n.3, p.475-480, 2002.
- BORGES, P. A. P.; FENGLER, C.; CERVI, A. Estimativa da difusividade térmica de grãos de soja pelo método da compactação. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.13, n.5, p.591–595, 2009.
- BRASIL Ministério da Agricultura e Reforma Agrária. **Regras para Análise de Sementes**. Brasília: SMDA/ DNDV/ CLAV, 2009. 365p.
- CONAB - Companhia Nacional de Abastecimento. **Acompanhamento da safra Brasileira de grãos, oitavo levantamento, maio de 2016**. Disponível em: < http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/16_05_27_09_24_04_boletim_gaos_maiou_2016_-_final.pdf> Acesso em: 15 jun. 2016.
- CORRÊA, P. C.; ANDRADE, E. T.; AFONSO JÚNIOR, P. C. Propriedades térmicas da massa granular de milheto, alpiste e painço: determinação e modelagem. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, Campina Grande, v.6, n.1, p.39-45, 2004.
- CORRÊA, P. C.; RESENDE, O.; GARIN, S. A.; JAREN, C.; OLIVEIRA, G. H. H. Mathematical models to describe the volumetric shrinkage rate of red beans during drying. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v.31, n.4, p. 716-726, 2011.
- DOYMAZ, I.; KIPCAK, A. S.; PISKIN, S. Characteristics of thin-layer infrared drying of green bean. **Czech J. Food Sci.**, v.33, p.83–90, 2015.
- DÍAZ, A. M.; CALDAS, G. V.; BLAIR, M. W. Concentrations of condensed tannins and anthocyanins in common bean seed coats. **Food Research International**, v. 43 n. 2, p. 595–601, 2010.
- GHARIBZAHEDI, S. M. T.; MOUSAVI, S. M.; GHAHDERIJANI, M. A survey on moisture-dependent physical properties of castor seed (*Ricinus communis* L.). **Australian journal of crop Science**, Sidney, v.5, n.1, p.1-7, 2011.
- INCROPERA, F. P. e DE WITT, D. P. Fundamentals of heat and mass transfer. New York: **John Wiley & Sons**, 1996. 886p.
- ISIK, E.; UNAL, H. Some engineering properties of white kidney beans (*Phaseolus vulgaris* L.). **African Journal of Biotechnology**, v. 10, n. 82, p. 19126-19136, 2011.
- ITO, A.P. Determinação de condutividade e difusividade térmica de grãos de soja. Campinas, SP, Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Engenharia Agrícola. **Dissertação de Mestrado**, 115p. 2003.
- IZLI, N. Effect of moisture on the physical properties of three varieties of kenaf seeds. **Jornal Food Scientists & Technologists**, Índia, v. 52 n. 6 p. 3254–3263, 2015.

JIAN, F.; JAYAS, D. S.; WHITE, N. D. G. Specific heat, thermal diffusivity, and bulk density of genetically modified canola with high oil content at different moisture contents, temperatures, and storage times. **Transactions of the ASABE**, v.56, n.3, p.1077-1083, 2013.

LEGRAND, A.; LEULIET, J. C.; DUQUESNE, S.; KESTELOOT, R.; WINTERTON, P.; FILLAUDEAU, L. Physical, mechanical, thermal and electrical properties of cooked red bean (*Phaseolus vulgaris* L.) for continuous ohmic heating process. **Journal of Food Engineering**. v. 81, p. 447–458, 2007.

LUNA-VITAL, D. A.; MOJICA, L.; MEJÍA, E. G.; MENDOZA, S.; LOARCA-PIÑA, G. Biological potential of protein hydrolysates and peptides from common bean (*Phaseolus vulgaris* L.): A review. **Food Research International**. v. 76, p. 39-50, 2015.

MADAMBA, P.S.; DRISCOLL, R.H.; BUCKLE, K.A. Thin-layer drying characteristics of garlic slices. **Journal of Food Engineering**, London, v.29, n.1, p.75-97, 1996.

MOHAPATRA, D.; RAO, P.S. A thin layer drying model of parboiled wheat. **Journal of Food Engineering**, v.66, n.4, p.513-518, 2005.

NUNES, D. M. C. Propriedades físicas, térmicas e aerodinâmicas de grãos de quinoa (*chenopodium quinoa willd*). Anápolis, GO: Universidade Estadual de Goiás, Engenharia Agrícola. **Dissertação de Mestrado**, 68p. 2009.

PEREIRA, H. S.; MELO, L. C.; FÁRIA, L. C.; DEL PELOSO, M. J.; COSTA, J. G. C.; RAVA, C. A.; WENDLAND, A. Adaptabilidade e estabilidade de genótipos de feijoeiro-comum com grãos tipo carioca na Região Central do Brasil. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 44, n. 1, p. 29-37, 2009.

RAZAVI, S. M. A. e TAGHIZADEH, M. The specific heat of pistachio nuts as affected by moisture content, temperature, and variety. **Journal of Food Engineering**, v.79, p.158–167, 2007.

RESENDE, O.; CORRÊA, P. C.; GONELI, A. L. D.; RIBEIRO, D. M. Propriedades físicas do feijão durante a secagem: determinação e modelagem. **Ciência e agrotecnologia**, Lavras, v. 32, n. 1, p. 225-230, 2008.

RIBEIRO, D. M.; CORRÊA, P. C.; RESENDE, O.; BOTELHO, F. M. Propriedades térmicas de grãos de trigo: determinação e modelagem. **Ciência e agrotecnologia**, Lavras, v. 31, n. 2, p. 462-467, 2007.

SHIRKOLE, S. S.; KENGHE, R. N.; NIMKAR, P. M. Moisture Dependent Physical Properties of Soybean. **International Journal of Engineering Science and Technology**, v.3, n.5, 2011.

SHRESTHA, B. L. e BAIK, O. D. Thermal conductivity, specific heat, and thermal diffusivity of *saponaria vaccaria* seed particles. **Transactions of the ASABE**, v.53, n.5, p.1717-1725, 2010.

TRETO, P. C. Propriedades físicas, aerodinâmicas e térmicas de frutos de café conilon (*coffea canephora*). Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa, Engenharia Agrícola. **Tese de Doutorado**, 112p. 2012.

YILMAZ, D.; AKINCI, I.; CAGIRGAN, M. I. Selected properties of sesame as a function of varieties and moisture contents. **International Journal of Food Properties**, v.15, p. 81–88, 2012.

YU, D. U.; SHRESTHA, B. L.; BAIK, O. D. Thermal conductivity, specific heat, thermal diffusivity, and emissivity of stored canola seeds with their temperature and moisture content. **Journal of Food Engineering**, v.165, p.156–165, 2015.

ZUCARELI, C.; BRZEZINSKI, C. R.; ABATI, J.; WERNER, F.; RAMOS Jr. E. U.; NAKAGAWA, J. Qualidade fisiológica de sementes de feijão carioca armazenadas em diferentes ambientes. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.19, n.8, p.803–809, 2015.