

**UNIVERSIDADE FEDERAL DA GRANDE DOURADOS
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS**

**CINÉTICA DA SECAGEM E DIFUSÃO EFETIVA DAS
SEMENTES DE MELANCIA**

**CAROLINE RAMOS DA SILVA
ISABELA GEOVANA DE OLIVEIRA PEREIRA**

**DOURADOS
MATO GROSSO DO SUL
2018**

CINÉTICA DA SECAGEM E DIFUSÃO EFETIVA DAS SEMENTES DE MELANCIA

CAROLINE RAMOS DA SILVA
ISABELA GEOVANA DE OLIVEIRA PEREIRA

Orientador: Prof. Dr. VALDINEY CAMBUY SIQUEIRA

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado à Universidade Federal da Grande
Dourados, como parte das exigências para conclusão
do curso de Engenharia Agrícola.

DOURADOS
MATO GROSSO DO SUL
2018

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP).

P436c Pereira, Isabela Geovana De Oliveira
Cinética da secagem e difusão efetiva das sementes de Melancia / Isabela Geovana De Oliveira Pereira, Caroline Ramos da Silva -- Dourados: UFGD, 2018.
20f. : il. : 30 cm.

Orientador: Valdiney Cambuy Siqueira

TCC (Graduação em Engenharia Agrícola)-Universidade Federal da Grande Dourados
Inclui bibliografia

1. coeficiente de difusão. 2. Energia de ativação. 3. Taxa de Redução de água. 4. Teor de água. 5. Temperatura. I Caroline Ramos da Silva II. Título.

Ficha catalográfica elaborada automaticamente de acordo com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

©Direitos reservados. Permitido a reprodução parcial desde que citada a fonte.

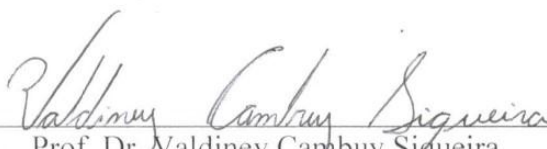
CINÉTICA DA SECAGEM E DIFUSÃO EFETIVA DAS SEMENTES DE MELANCIA

Por

Caroline Ramos da Silva
Isabela Geovana de Oliveira Pereira

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado como parte dos requisitos exigidos para
obtenção do título de ENGENHEIRA AGRÍCOLA

Aprovado em: 27 de novembro de 2018.



Prof. Dr. Valdiney Cambuy Siqueira
Orientador – UFGD/FCA



Prof. Me. Elton Aparecido Siqueira Martins
Membro da Banca – UFGD/FCA



Eng. Agrônomo Geraldo Acácio Mabasso
Membro da Banca – UFGD/FCA

AGRADECIMENTOS – Isabela Geovana de Oliveira Pereira

Primeiramente a Deus, por ter nós proporcionado saúde e sabedoria para enfrentar todas as dificuldades e a Nossa Senhora pelo dom da vida e por todas as dádivas alcançadas.

A Universidade Federal da Grande Dourados por tornar possível a realização dessa pesquisa.

Ao nosso orientador Valdiney Cambuy Siqueira por toda o direcionamento em nosso experimento e sabedoria que nos transmitiu nesse período.

Aos Meus Pais Edenice Aparecida Martins de Oliveira e Adinaldo Aparecido Pereira por todo amor, suporte e apoio nessa caminhada, servindo como referência de superação e dedicação.

Ao Meu Avô Valdeci Martins de Oliveira por ser meu mentor, amigo e ajudante em todas as etapas de minha e por seguir forte ao meu lado.

Aos meus Padrinhos Daniel Jackson de Lima Souza e Eoranis Martins de Oliveira por sempre acreditarem em meus sonhos e me apoiarem, mesmo quando minha vontade era desistir.

A Minha irmã Francielli de Oliveira Pereira por ser meu exemplo de dedicação e esforço, meu sobrinho Fernando Henrique de Oliveira Pontes por ser minha alegria todos os dias.

A minha colega Caroline Ramos da Silva por toda parceria, paciência e dedicação nesses meses de trabalho, foram fundamentais para o sucesso de nosso experimento.

Ao Geraldo Acácio Mabasso pela colaboração nós dias de realização do experimento e pelo conhecimento transmitido.

Ao Professor Elton Aparecido Siqueira Martins por todo direcionamento e conselhos passados.

Ao Professor Roberto Carlos Orlando por todos os “puxões de orelha” nesses anos, foram fundamentais para meu desenvolvimento pessoal e profissional.

Ao Wesley Rodrigues Santos, por todo amor e carinho, principalmente por apoiar meus objetivos, me incentivando todos os dias a ser melhor. Obrigada pela colaboração no desenvolvimento de nossa pesquisa e por sempre estar presente.

Aos meus familiares e amigos que direta e indiretamente contribuíram para o sucesso do nosso experimento.

AGRADECIMENTOS – Caroline Ramos da Silva

Primeiramente a Deus e a Nossa Senhora das Graças, por ter me proporcionado saúde e sabedoria para enfrentar todas as dificuldades, pelo dom da vida e nunca desistir de mim.

Ao meu orientador Valdiney Cambuy Siqueira por toda o direcionamento durante o experimento e sabedoria que me transmitiu nesses dias.

Aos meus Pais, Maria das Graças Ramos da Silva e Paulino Irala da Silva por toda a ajuda e incentivo para que eu continuasse firme em minhas metas e por sonharem junto comigo essa conquista.

Aos meus amigos do Acampamento Emaús e outros que direta e indiretamente contribuíram para o meu sucesso no curso e no meu experimento.

Ao Grupo Pet Engenharia Agrícola por contribuir positivamente para o meu crescimento pessoal e profissional, por todas as experiências vividas e conhecimentos adquiridos através do Grupo.

Ao Diretor da Faculdade de Ciências Agrárias, Professor Guilherme Augusto Biscaro pela contribuição do meu sucesso no curso.

Ao Tutor e Professor André Luiz Duarte Goneli pela amizade e contribuição das minhas atividades no curso e no Grupo Pet Engenharia Agrícola.

Ao Professor Elton Aparecido Siqueira Martins por todo direcionamento e conselhos passados.

A Professora Elaine Reis Pinheiro Lourente pelo carinho e atenção em vários momentos da minha graduação.

A Professora Anamari Viegas de Araújo Motomiya pelo carinho e por ser a primeira professora a me orientar em projetos da faculdade.

A minha colega Isabela Geovana de Oliveira Pereira pela amizade ao longo do curso e ajuda em todas as atividades do curso e do nosso experimento.

Ao Geraldo Acácio Mabasso pela colaboração nos dias de realização do experimento e pelo conhecimento transmitido.

"Nós acreditamos em Deus, Todos os outros devem trazer dados"

William Edwards Deming

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS	viii
LISTA DE TABELAS	ix
RESUMO	x
ABSTRACT	xi
1. INTRODUÇÃO.....	1
3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	3
3.1. <i>Citrullus lanatus</i>	3
3.2. Cinética de secagem	4
4. MATERIAIS E MÉTODOS.....	6
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO	10
6. CONCLUSÃO.....	15
7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	16

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Secador experimental de camada fixa utilizado na secagem das sementes de melancia.....	6
Figura 2. Valores de taxa de redução de água em diferentes temperaturas do ar de secagem para a semente da melancia (<i>Citrullus lanatus</i>).....	10
Figura 3. Valores de razão de umidade estimados pelo modelo de Page e Aproximação da Difusão para diferentes temperaturas de ar de secagem das sementes de melancia (<i>Citrullus lanatus</i>).	12
Figura 4. Valores dos coeficientes de difusão efetiva para as temperaturas de 40, 45, 50, 55 e 60 °C.....	13

LISTA DE TABELAS

Tabela 1- Modelos matemáticos utilizados para predizer a secagem de produtos agrícolas	8
Tabela 2 - Parâmetros estatísticos obtidos para os nove modelos utilizados na secagem em camada fina da semente de melancia (<i>Citrullus lanatus</i>).	11
Tabela 3 - Coeficientes dos modelos de Page e Aproximação da difusão obtidos para a semente de melancia (<i>Citrullus lanatus</i>) em diferentes temperaturas do ar de secagem.	13

SILVA, Caroline Ramos da; PEREIRA, Isabela Geovana de Oliveira. **Cinética da secagem e difusão efetiva das sementes de melancia**. 2018. 20p. Monografia (Graduação em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal da Grande Dourados, Dourados – MS.

RESUMO

No Brasil a produção de melancia (*Citrullus lanatus*) se estende durante todo o ano, sendo que as espécies mais produzidas apresentam um número significativo de sementes. Assim como o fruto, as sementes de melancia contêm nutrientes fundamentais para o ser humano, destacando a presença de licopeno, substância no qual interrompe o surgimento de células cancerígenas. Porém a semente da melancia apresenta baixo teor de água, sendo que um dos processos de pós colheita que mantém a qualidade do produto para o armazenamento é a secagem. As sementes apresentaram teor de água de aproximadamente 48%. A partir disso para melhor desempenho do processo, o estudo da cinética de secagem é necessário para a elaboração da modelagem matemática. Dessa forma objetivou-se com o trabalho o ajuste de nove modelos matemáticos, a fim de selecionar o que melhor representasse o comportamento da secagem da semente de melancia, além de determinar o coeficiente de difusão e a energia de ativação em diferentes temperaturas. As sementes foram secas em um secador experimental nas temperaturas de 60, 55, 50, 45 e 40 °C, com fluxo constante de 0,8 m/s. Foram feitas quatro repetições em cada temperatura. Para os ajustes dos modelos fez-se análise de regressão linear, pelo método de Gauss-Newton. De acordo com os dados, concluiu-se que para as temperaturas de 60, 55 e 50 °C o modelo que se ajustou a secagem foi o de Page. E para as temperaturas de 45 e 40 °C o modelo foi da Aproximação da difusão. A temperatura de secagem influenciou na taxa de remoção de água. Os coeficientes de difusão apresentaram magnitude de $7,69684 \times 10^{-10}$ e $1,27585 \times 10^{-09}$ para o intervalo de 40 a 60 °C. E a energia de ativação foi de $12,2641 \text{ kJ.mol}^{-1}$.

Palavras –Chaves: coeficiente de difusão; energia de ativação; taxa de redução de água, teor de água; temperatura.

ABSTRACT

In Brazil the watermelon production (*Citrullus lanatus*) extends throughout the year, being that the species most produced have a significant number of seeds. As well as the fruit, the watermelon seeds contain essential nutrients to the human, highlighting the lycopene presence, substance on which interrupts the appearance of cancerous cells. However, the watermelon seed has low water content, being that one of the processes of post harvest that keeps the quality of the product to the storage it is the drying. The seeds presented water content of approximately 48%. Furthermore, in order to better process performance, the study of drying kinetics is necessary for the development of the mathematical modeling. As a result, with this work aimed to adjust nine mathematical modeling, in order to select the one that best represented the behavior of the drying of watermelon seeds. In addition to determining the diffusion coefficient and the activation energy at different temperatures. Seeds were dried in an experimental dryer at temperatures of 60, 55, 50, 45 and 40 °C, with a steady stream of 0,8 m/s. Four replications were made at each temperature. For the adjustments of the models made linear regress analysis, by Gauss-Newton method. According to the data, concluding for the temperatures of 60, 55 and 50 °C the model that adjusted the drying was the one of Page. And for the 50, 45 and 40 °C in temperatures of the Diffusion Approximation model. Andrying rate influenced by water rate. The diffusion coefficients with a magnitude of 7.69684×10^{-10} and 1.27585×10^{-09} for the range of 40 to 60 °C. Activation energy was 12.2641 kJ.mol⁻¹.

Keywords: diffusion coefficient; activation energy; rate of water reduction, of water; temperature.

1. INTRODUÇÃO

A cultura da melancia (*Citrullus lanatus*) é uma espécie bastante explorada em muitos países, como a Índia, o Irã e os Estados Unidos (AZEVEDO et al., 2005). No Brasil, a cultura da melancia encontrou excelentes condições para o seu desenvolvimento tornando-se, hoje, uma das mais importantes olerícolas produzidas e consumidas no país (TORRES, 2007).

A melancia é uma espécie olerícola cultivada praticamente em quase todos os estados brasileiros, em especial na região Nordeste, onde apresenta excelente adaptação, em virtude das condições climáticas locais serem bastante semelhantes às condições de origem, o Continente Africano (ANDRADE JUNIOR et al., 2006). Segundo Santos et al. (2005) a melancia é importante cultura para o Brasil, não só pela fácil adaptação, mas também, por fixar o homem no campo, em decorrência da demanda intensiva de mão-de-obra rural e o excelente retorno econômico para o produtor.

Segundo Granjeiro e Cecílio Filho (2005), no Brasil, diferentemente de outros países, como os Estados Unidos, a produção de melancia sem sementes (*Citrullus lanatus* (Thumb.) Matsum e Nakai) é ainda incipiente, embora algumas pequenas áreas comerciais já tenham sido implantadas nas diferentes regiões produtoras. Assim, se justifica trabalhos científicos com sementes de melancia no Brasil.

As embalagens mais indicadas para armazenar sementes de melancia são aquelas herméticas, característica importante por não permitir que as sementes absorvam água durante o armazenamento. Isso porque os teores de água de armazenamento dessas sementes são baixos. Segundo Harrington (1972), sementes de melancia devem ser armazenadas com 6,5% de teor de água. Logo, elas devem passar pelo processo de secagem antes do armazenamento.

O processo de secagem consiste na transferência simultânea de calor e massa (BROOKER et al., 1992), com objetivo de retirar o excesso de água presente na semente, garantindo assim maior estabilidade e segurança para o armazenamento. Dentre as diversas etapas da pós-colheita (processamento, secagem, armazenamento, beneficiamento e transporte), a secagem é a de maior relevância, tanto do ponto de vista de consumo de energia e formação dos custos de processamento, como do ponto de vista da preservação da qualidade (BORÉM et al., 2008; DONZELES et al., 2007; OCTAVANI e BIAGI, 2004; OLIVEIRA et al., 2013; RESENDE et al., 2011).

As alterações dos parâmetros de secagem podem promover diferentes taxas de secagem que estão relacionadas com a quantidade de água removida de uma determinada massa de produto em um determinado período de tempo. De acordo com Burmester e Eggers

(2010), a taxa de secagem é influenciada, principalmente, pela temperatura do ar de secagem. Mas fatores como a temperatura e a umidade relativa também devem ser considerados.

Diante da importância do processo de secagem, tanto para os custos do processamento, quanto para a manutenção da qualidade, essa etapa deve ser prevista, dimensionada e planejada com antecedência, de forma que se reduzam os riscos, os custos e maximize o rendimento. Nesse sentido, o emprego de algumas técnicas, como o ajuste de modelos matemáticos, pode trazer algumas contribuições (ALVES et al., 2013; CORRÊA et al., 2010; ISQUIERDO et al., 2013; SIQUEIRA et al., 2013).

O uso de modelos matemáticos para descrever o comportamento da secagem de um determinado produto tem se tornado algo muito comum, principalmente no meio científico. Segundo Siqueira et al. (2013) o ajuste de modelos matemáticos para a secagem dos produtos agrícolas fornece informações de fundamental importância para o desenvolvimento de processos e para o dimensionamento de equipamentos. Com essas informações, pode-se estimar o tempo de secagem e, conseqüentemente, o gasto energético que refletirá no custo do processo.

As curvas de secagem, em camada delgada, variam com a espécie, a variedade, as condições ambientais e os métodos de preparo pós-colheita, entre outros fatores. Nesse sentido, diversos modelos matemáticos têm sido utilizados para descrever o processo de secagem de produtos agrícolas (ALEXANDRE et al., 2013; CORRÊA et al., 2007; RESENDE et al., 2008).

O objetivo foi caracterizar o comportamento da secagem de *Citrullus lanatus* ajustadas, através do ajuste de diferentes modelos matemáticos aos dados experimentais de secagem, selecionar o que melhor representa o fenômeno, bem como determinar o coeficiente de difusão efetivo e a energia de ativação do processo.

3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1. *Citrullus lanatus*

A cultura da melancia (*Citrullus lanatus* Schrad) pertencente à família das cucurbitáceas, é originária do Norte da África, mas é produzida e consumida pela população de diversos países. No Brasil, sua produção é mais predominante nos estados do Rio Grande do Sul, Bahia, Maranhão, São Paulo, Pernambuco, Piauí e Goiás. As regiões do Rio Grande do Sul e da Bahia são os maiores produtores de melancia do país, segundo Casagrande et al. (2017) no ano de 2017, no caso específico do Estado do Rio Grande do Sul houve um aumento de 69% na produtividade da melancia, porém essa região é afetada por questões climáticas e incidência de doenças, diminuindo sua área de produção.

Segundo Kist et al. (2017) a produção de hortifrúteis no Brasil ocupou uma área total, em 2017, de 484.466 ha, sendo um dos principais colaboradores para a economia do país. Em 2016, a exportação de frutas frescas e secas atingiu um valor total de US\$702.388.774. Além disso a melancia é uma das frutas mais exportadas do Brasil, com uma contribuição de US\$31.491.045 para o valor total. Segundo a Conab (2018), na região do Mato Grosso do Sul, as cidades de Santa Rita do Pardo e Três Lagoas produziram em janeiro de 2018, 459.770 kg de melancias.

A melancia é uma fruta com o formato oval, verde, casca lisa, podendo pesar entre 10 kg a 25 kg. É uma hortaliça de clima tropical que se desenvolve melhor em uma faixa de temperatura de 25 °C a 30 °C (EMBRAPA, 2007).

A melancia é um dos destaques entre as olerícolas comercializadas no Brasil. Segundo a Embrapa (2007) é composta por cerca de 92,6% de água, rica em potássio, fósforo e cálcio, uma fruta levemente doce que é consumida in natura, e que pode ainda ajudar no tratamento de problemas urinários, respiratórios e intestinais. Além disso, a melancia é fonte de vitaminas, principalmente do tipo A, B6 e C (PERKINS-VEAZIE et al., 2002). E pode ser recomendada em dietas devido ao seu baixo valor calórico, podendo, ainda, regular a pressão e fortalecer as defesas do corpo e os ossos.

No Brasil, a melancia é produzida o ano todo, porém, segundo a CEAGESP (2018), os meses de dezembro a fevereiro são mais propícios à produção. Já os meses em que a produtividade é baixa, se deve pela época de preparo do solo (MASSIERER, 2018).

A melancia é rica em nutrientes, segundo Perkins-Veazie et al. (2002), o Laboratório de Oklahoma observou que, em comparação ao tomate cru, a melancia apresenta altos valores

de licopeno, aproximadamente 40% a mais. Um pigmento vermelho vivo presente em alguns alimentos, porém não é produzido pelo corpo humano e fundamental para o melhor funcionamento de órgãos como o fígado, pulmão e sangue, o licopeno age como antioxidante e bloqueia o crescimento de células cancerígenas. Os teores de licopeno são variados conforme a cultivar. Segundo Leão et al. (2006) entre oito cultivares de melancia, as que apresentaram maiores índices de licopeno são Smile e Rubi.

Segundo Leão et al. (2006), as empresas de sementes desenvolveram inúmeros híbridos e variedades de melancia que disputam o mercado e o gosto do consumidor. Dentre elas, podem-se citar as mais cultivadas no Brasil: Crimson Sweet, Pérola, Rubi, Imperor, Jubilee, Sunshade, Madera, Tiffany, Omaro Yamato e Yamato Gigante. Dentre essas, no estado do Mato Grosso do Sul a cultivar Crimson Sweet é a mais utilizada (LEONEL et al., 2000).

A melancia contém sementes pretas e achatadas, segundo a Embrapa (2007) a cultivar Omaru Yamato contém, em média, 600 sementes por fruto, assim como a Charleston Gray contendo, em média, 450 sementes por fruto. Entretanto, embora não seja muito expressivo, já existem no mercado nacional melancias sem sementes, híbridos estéreis que podem ser uma ótima alternativa para os produtores de hortaliças. Mas é importante destacar que, a constante busca pelo melhoramento genético a fim de obtenção de boa produtividade e frutos com boa qualidade, envolvem trabalhos com sementes (BHERING et al., 2003).

As sementes da melancia, assim como o fruto, contêm minerais essenciais para o corpo, como magnésio, ferro e proteína. Além de ajudar a regular os níveis de homocisteína no sangue, no qual está associada ao bom funcionamento do cérebro. Segundo Becker et al. (2010) as sementes podem ser trituradas para a elaboração de cereais, sendo um alimento com alto valor nutricional.

3.2. Cinética de secagem

A secagem é largamente utilizada para produtos agrícolas em geral, para controle e manutenção da sua qualidade, sendo provavelmente uma das práticas mais antigas. A remoção da água do produto, normalmente é feita por meio do aumento da temperatura, proporcionando maior a pressão de vapor no grão, forçando a saída da água, seja por gradiente hídrico ou de pressão.

Muitos estudos relacionados à secagem levam em conta os efeitos de variáveis externas, como temperatura, umidade relativa e velocidade do ar. Segundo Berbert et al.

(1995) diversos modelos matemáticos são utilizados para representar a cinética de secagem, sendo fundamentais para simulações de secagens e para futuros projetos de secadores. Estes modelos são ferramentas úteis na estimativa de tempo de redução do teor de água, sobre diferentes condições de secagem.

Existem diversos tipos de modelos matemáticos, que foram criados ao longo dos anos visando projetar, controlar e otimizar unidades de secagem (ROCHA et al., 2005). Para a simulação, cujo princípio se fundamenta na secagem de sucessivas camadas delgadas do produto, utiliza-se um modelo matemático que representa, satisfatoriamente, sua perda de água durante o período de secagem (GINER e MASCHERONI, 2002; BERBERT et al., 1995).

Basicamente, existem três diferentes tipos de modelos de secagem, que são utilizados para descrever a saída da água dos produtos agrícolas: o modelo teórico, semiteóricos e os empíricos.

O modelo teórico considera apenas a resistência interna a transferência de calor e água entre o produto e o ar de secagem. Já os demais modelos consideram apenas a resistência externa a temperatura e umidade relativa do ar de secagem (MIDILLI et al., 2002; PANCHARIVA et al., 2002).

Os modelos semiteóricos oferecem facilidade em seu uso, porém são válidos somente para as condições pré-estabelecidas de temperatura, umidade relativa, teor de água e velocidade do ar (PANCHARIVA et al., 2002). Já os modelos empíricos não fornecem perspectivas reais dos processos que ocorrem durante a secagem, já que o mesmo leva em consideração somente o tempo de secagem do produto e o teor de água.

Dentre os modelos teóricos utilizados, o de difusão é o mais avaliado, já que este baseasse na segunda Lei de Fick, onde descreve que o fluxo de massa por unidade de área é proporcional ao gradiente de concentração de água (PARK et al., 2002), e este coeficiente é entendido como a facilidade com que a água é removida do produto, podendo ser considerado aparente ou efetivo.

4. MATERIAIS E MÉTODOS

O experimento foi realizado no Laboratório de Processos Pós-colheita da Universidade Federal da Grande Dourados (UFGD), Mato Grosso do Sul. As melancias foram adquiridas em supermercados da cidade de Dourados, levadas ao laboratório, onde suas sementes foram extraídas manualmente, lavadas em água corrente, selecionadas de acordo com o tamanho e coloração, enxugadas e acondicionadas em sacos plásticos e armazenadas por 48 horas em câmara fria (4 °C), até a realização da secagem.

Após o período de homogeneização, as sementes tiveram o teor de água determinado por meio do método gravimétrico, utilizando estufa de circulação forçada a 105 ± 1 °C por 24 horas, com três repetições (BRASIL, 2009). Posteriormente a determinação do teor de água as sementes foram submetidas ao processo de secagem.

O processo de secagem foi realizado em secador de leito fixo horizontal experimental (Figura 1). O secador é dotado de um sistema que controla com precisão o fluxo e a temperatura do ar de secagem, e dispõe de sensor conectado ao painel de controle, visando a obtenção de um ajuste fino e o monitoramento da temperatura do ar de secagem. Juntamente aos dados do sensor a temperatura foi de tempos em tempos monitorada com um termômetro de mercúrio. Já a velocidade do ar foi controlada e mantida constante em 0,8 m/s, com o auxílio de um termo anemômetro digital da marca Instrutherm, modelo AM -100.

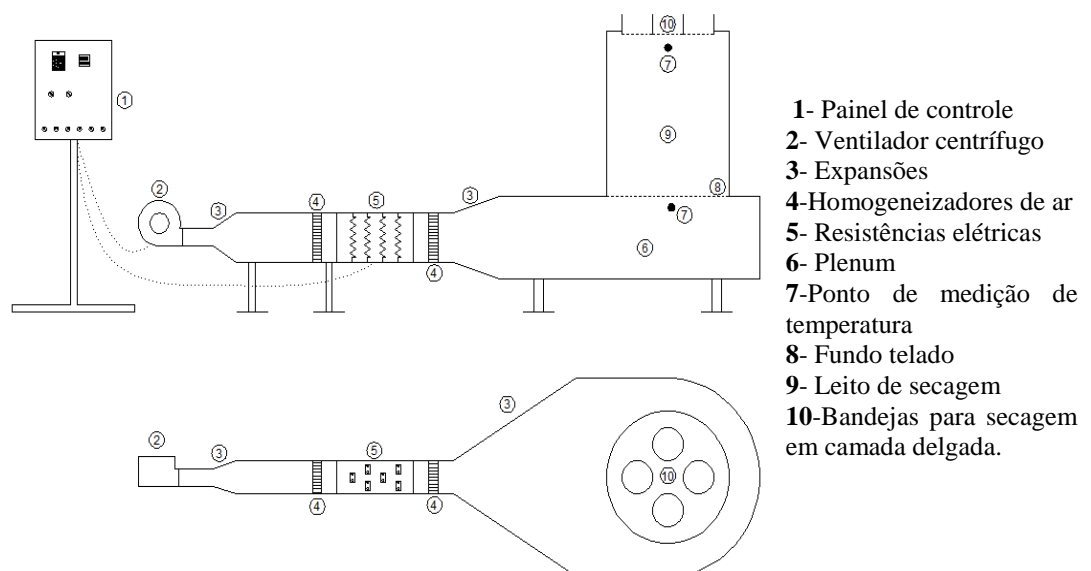


Figura 1. Secador experimental de camada fixa utilizado na secagem das sementes de melancia.

A massa das sementes (52 g) foi distribuída em camada única em quatro bandejas de fundo perfurado, e submetidas à secagem nas temperaturas de: 40, 45, 50, 55 e 60 °C. A secagem foi interrompida quando as sementes entraram em equilíbrio. Considerou-se como equilíbrio, a não ocorrência de variação na massa em três pesagens consecutivas. Sendo que, as pesagens foram feitas em intervalos de 10 minutos.

A aferição da massa de sementes ao longo do processo de secagem foi realizada em balanças semi-analíticas, com resolução de 0,01g.

Ao atingir massa constante, determinou-se novamente o teor de água, seguindo as recomendações das Regras para Análise de Sementes – RAS (BRASIL, 2009). Posteriormente as amostras foram pesadas e o teor de água de equilíbrio calculado.

Para avaliação da secagem das sementes de melancia, procedeu-se à determinação da taxa de redução de água do produto de acordo com a expressão descrita por Corrêa et al. (2001):

$$TRA = \frac{Ma_0 - Ma_i}{Ms \cdot (T_i - T_0)} \quad (1)$$

Em que:

TRA : taxa de redução de água ($kg \cdot kg^{-1} \cdot h^{-1}$);

Ma₀ : massa de água total anterior (kg);

Ma_i : massa de água total atual (kg);

Ms : matéria seca (kg);

t₀ : tempo total de secagem anterior (h); e

t_i : tempo total de secagem atual (h).

De posse dos dados dos teores de água inicial, final e ao longo do processo de secagem (calculados), determinou-se a razão de umidade (RU) das sementes de melancia durante a secagem, por meio da seguinte expressão:

$$RU = \frac{U - U_e}{U_i - U_e} \quad (2)$$

Em que:

RU = razão de umidade do produto (adimensional);

U = teor de água do produto (decimal, b.s.);

U_e = teor de água de equilíbrio do produto (decimal, b.s.); e

U_i = teor de água inicial do produto (decimal, b.s.).

Os dados experimentais da secagem de sementes de melancia foram ajustados a nove modelos empíricos e semi-empíricos, utilizados para a representação de secagem de produtos agrícolas

Tabela 1. Modelos matemáticos utilizados para prever a secagem de produtos agrícolas

Modelo	Designação do Modelo	
Dois termos	$RU = a \exp(-k_0 t) + b \exp(-k_1 t)$	(3)
Aproximação da difusão	$RU = a \exp(-k t) + (1-a) \exp(-k b t)$	(4)
Henderson e Pabis	$RU = a \exp(-k t)$	(5)
Midilli	$RU = a \exp(-k t^n) + b t$	(6)
Logarítmico	$RU = a \exp(-k t) + c$	(7)
Newton	$RU = \exp(-k t)$	(8)
Page	$RU = \exp(-k t^n)$	(9)
Thompson	$RU = \exp\left(\frac{-a - (a^2 + 4 b t)^{0.5}}{2 b}\right)$	(10)
Valcam	$RU = a + b t + c t^{1.5} + d t^2$	(11)

Em que:

t: tempo de secagem, h;

k, k_0 , k_1 : parâmetros de secagem h^{-1} ; e

a, b, c, d, n : coeficientes dos modelos.

O coeficiente de difusão efetivo das sementes, para as diferentes condições de secagem, foi calculado utilizando-se a Equação 12, baseada na teoria da difusão líquida. Esta equação é a solução analítica para a segunda Lei de Fick, considerando-se a forma geométrica como uma placa plana do produto e com aproximação de oito termos:

$$RU = \frac{U - U_e}{U_i - U_e} \frac{8}{\pi^2} \sum_{n=0}^{\infty} \frac{-1}{(2n+1)} \exp\left[-(2n+1)^2 \pi^2 D_i \frac{t}{4L^2}\right] \quad (12)$$

Em que:

D_i : coeficiente de difusão efetivo ($m^2 s^{-1}$)

L: espessura do produto (m)

T: tempo de secagem (s)

n: número de termos do modelo

Para a obtenção da espessura foi utilizado um paquímetro digital, com resolução de 0,01 mm. Para obtenção da espessura média, foram utilizadas 50 sementes escolhidas aleatoriamente.

Para avaliar a influência da temperatura de secagem sobre o coeficiente de difusão efetivo, utilizou-se a equação de Arrhenius (Equação 13):

$$Def = D_0 \cdot \exp\left(\frac{-Ea}{R \cdot Ta}\right) \quad (13)$$

Em que:

D_0 : Fator Pré exponencial ($m^2 s^{-1}$);

Ea : Energia de ativação ($kJ mol^{-1}$);

R : Constante universal dos gases, $8,314 kJ mol^{-1} K^{-1}$;

Ta : Temperatura absoluta (K).

Para o ajuste dos modelos matemáticos realizou-se uma análise de regressão não linear, utilizando-se o programa Statística 10.0. Para verificar o grau de ajuste de cada modelo serão consideradas as magnitudes do desvio padrão da estimativa (SE), do erro médio relativo (P) e do coeficiente de determinação R^2 .

Os valores de P e SE para cada modelo foram calculados pelas Equações 14 e 15.

$$P = \frac{100}{n} \sum \left| \frac{Y - Y'}{Y} \right| \quad (14)$$

$$SE = \sqrt{\frac{\sum (Y - Y')^2}{GLR}} \quad (15)$$

Em que:

Y : valor observado experimentalmente;

Y' : valor calculado pelo modelo;

n : número de observações experimentais; e

GLR : graus de liberdade do modelo (número de observações menos número de parâmetros do modelo).

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Figura 2 estão apresentados os valores médios da taxa de secagem das sementes de melancia submetidas a diferentes condições de secagem. Nota-se que temperaturas mais altas promovem maior taxa de secagem, no entanto, este comportamento é mais evidenciado no início do processo. Isto se dá em decorrência da diferença da pressão parcial de vapor d'água dos grãos e do ar de secagem, além disso, ao final do processo de secagem a água está mais fortemente ligada, sendo mais difícil sua retirada. Resultados semelhantes foram encontrados por diversos pesquisadores, trabalhando com secagem de diferentes produtos agrícolas (RESENDE et al., 2010; DIÓGENES et al., 2013; BOTELHO et al., 2015).

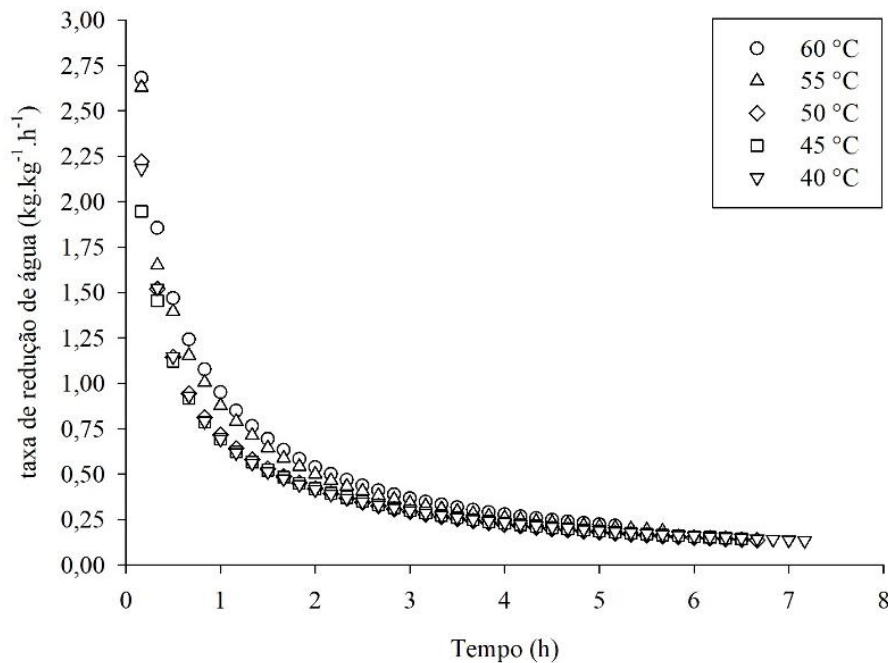


Figura 1. Valores de taxa de redução de água em diferentes temperaturas do ar de secagem para a semente da melancia (*Citrullus lanatus*).

Os tempos de secagem para que as sementes de melancia atingissem o teor de água de $6,5 \pm 0,1\%$, foram 8,83; 7,66; 7,33; 5,66 e 5,33 horas para as respectivas temperaturas 40, 45, 50, 55 e 60 °C. Logo, o aumento da temperatura do ar de secagem, reduz o tempo necessário para que o produto atinja o teor de água desejado, isso se dá em função da maior velocidade de retirada de água, como observado na Figura 2.

Na Tabela 2 estão dispostos os valores de coeficiente de determinação (R^2), erros médios relativos (P), erros médios estimados (SE).

Tabela 2 - Parâmetros estatísticos obtidos para os nove modelos utilizados na secagem em camada fina da semente de melancia (*Citrullus lanatus*).

Modelos	Temperatura														
	60 °C			55 °C			50 °C			45 °C			40 °C		
	R ²	SE	P	R ²	SE	P	R ²	SE	P	R ²	SE	P	R ²	SE	P
3	0,986	0,035	30,8	0,977	0,042	37,5	0,999	0,006	7,85	0,998	0,004	2,70	0,999	0,001	1,40
4	0,997	0,005	10,2	0,997	0,015	18,4	0,999	0,005	8,85	0,999	0,004	2,90	0,999	0,002	1,45
5	0,986	0,032	30,8	0,977	0,039	37,5	0,96	0,048	38,86	0,966	0,045	30,4	0,944	0,051	37,2
6	0,905	0,09	95,9	0,893	0,09	77,5	0,906	0,078	69,54	0,999	0,008	7,40	0,999	0,007	8,90
7	0,991	0,027	18,2	0,989	0,028	14,7	0,977	0,038	25,91	0,977	0,038	28,0	0,96	0,044	38,9
8	0,981	0,036	36,8	0,97	0,044	44,3	0,943	0,056	49,83	0,947	0,055	43,6	0,904	0,066	56,5
9	0,999	0,008	6,10	0,998	0,012	8,20	0,999	0,008	5,80	0,998	0,011	12,6	0,997	0,013	18,4
10	0,997	0,013	11,7	0,997	0,015	5,90	0,997	0,013	12,89	0,995	0,017	20,9	0,994	0,017	26,7
11	0,992	0,025	19,3	0,99	0,028	16,0	0,979	0,037	23,62	0,982	0,034	24,0	0,964	0,042	32,2

O erro médio relativo (P), descreve o desvio dos valores observados em relação à curva estimada pelo modelo. Segundo Kashaninejad et al. (2007) os valores estimados devem ser menores que 10%. Assim, os modelos que atendem este requisito estatístico em uma ou mais situações são: Dois termos (3), Aproximação da difusão (4), Midilli (6), Page (9) e Thompson (10). Dentre estes, nota-se que, os modelos 2 e 3 se ajustam às temperaturas de 40, 45 e 50 °C, e que o modelo de Page apresenta valores inferiores a 10% para as temperaturas de 50, 55 e 60 °C. Ressalta-se que os modelos de Midilli e Thompson são adequados apenas à duas e uma temperatura, respectivamente.

Os parâmetros desvio padrão da estimativa (SE) e o coeficiente de determinação (R²) auxiliam na escolha do melhor modelo para representar a cinética de secagem da semente de melancia. Segundo Siqueira et al. (2012) menores valores de SE indicam melhor ajuste do modelo matemático. Dessa forma, de maneira geral, os modelos Dois termos e Aproximação da difusão apresentaram menores valores para as temperaturas mais baixas, e o modelo de Page para as temperaturas mais altas.

Entre os nove modelos analisados, os que apresentaram valores de coeficiente de determinação (R²) superior a 0,99 foram Dois Termos, Aproximação da difusão, Page e de Thompson. De acordo com Aguerre et al. (1989) valores de R² superiores a 0,95 indicam uma boa representação da cinética de secagem.

Jittanit (2011) observou, para a secagem de sementes de abóbora (*Cucurbita ssp.*), que o melhor ajuste foi o modelo de Page para a faixa de temperatura de 60 a 80 °C. Já Diógenes et al. (2013) verificaram para as sementes de abóbora (*Cucurbita moschata* Duchesne) um melhor ajuste do modelo da Aproximação da Difusão para a faixa de

temperatura de 40 a 80 °C. Considerando que o modelo de Page foi o único que representou com fidelidade a cinética de secagem das sementes de melancia nas temperaturas de 50, 55 e 60 °C, e que os modelos de Aproximação da Difusão e Dois Termos para as temperaturas de 40, 45 e 50 °C. Assim optou-se pela escolha de dois modelos para representar o fenômeno da secagem, o modelo de Page para altas temperaturas, e o modelo de Aproximação da Difusão para baixas temperaturas. Este último, por ter sido recomendado por outros autores que trabalharam com secagem de sementes de características similares.

Na figura 3 esta dispostos os valores estimados pelo modelo de Page e Aproximação da Difusão, da razão de umidade em função do tempo de secagem para as cinco temperaturas. Os modelos mostram um bom ajuste e fidelidade na descrição do seu comportamento, demonstrando que a temperatura e o tempo de secagem são inversamente proporcionais, ou seja, quanto maior a temperatura menor o tempo de secagem, fato semelhante ao observado por Siqueira et al. (2012) e Corrêa et al. (2001).

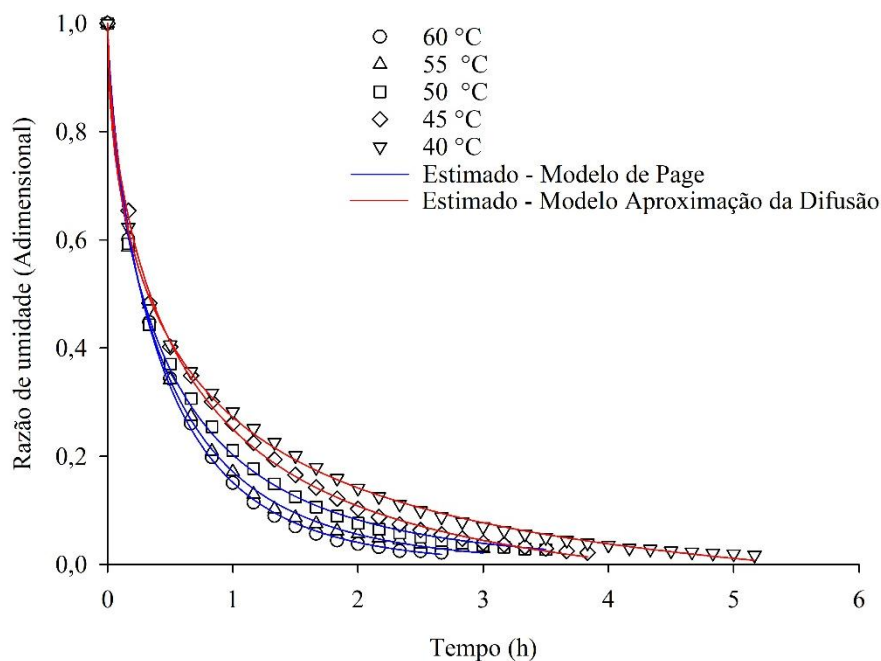


Figura 2. Valores de razão de umidade estimados pelo modelo de Page e Aproximação da Difusão para diferentes temperaturas de ar de secagem das sementes de melancia (*Citrullus lanatus*).

Na Tabela 3 estão apresentados os parâmetros do modelo de Page para as temperaturas de 50, 55 e 60 °C. E os parâmetros do modelo da Aproximação da difusão para as temperaturas de 40, 45 e 50 °C.

Tabela 3. Coeficientes dos modelos de Page e Aproximação da difusão obtidos para a semente de melancia (*Citrullus lanatus*) em diferentes temperaturas do ar de secagem.

Temperatura (°C)	Modelos matemáticos				
	Page		Aproximação da Difusão		
	k	n	a	k	b
60	1,885982	0,763332	-	-	-
55	1,762182	0,712697	-	-	-
50	1,595308	0,645804	-	-	-
45	-	-	0,620053	0,887513	8,279110
40	-	-	0,55921	0,68786	11,23147

Observa-se que os coeficientes “k” dos modelos dispõem de um comportamento no qual aumentam conforme a elevação da temperatura. Segundo Madamba et al. (1996), esse parâmetro é uma estimativa que representa os efeitos da temperatura e se correlaciona com a difusividade efetiva durante o processo de secagem no período decrescente e à difusão líquida que controla o processo. Para o parâmetro “n” observou-se o mesmo comportamento, no qual retrata a resistência interna do produto a secagem (CORRÊA et al., 2007). Assim como os parâmetros “a” e “b” (BROOKER et al., 1992).

Na figura 4 estão apresentados os valores dos coeficientes de difusão efetiva para a faixa de temperatura estudada.

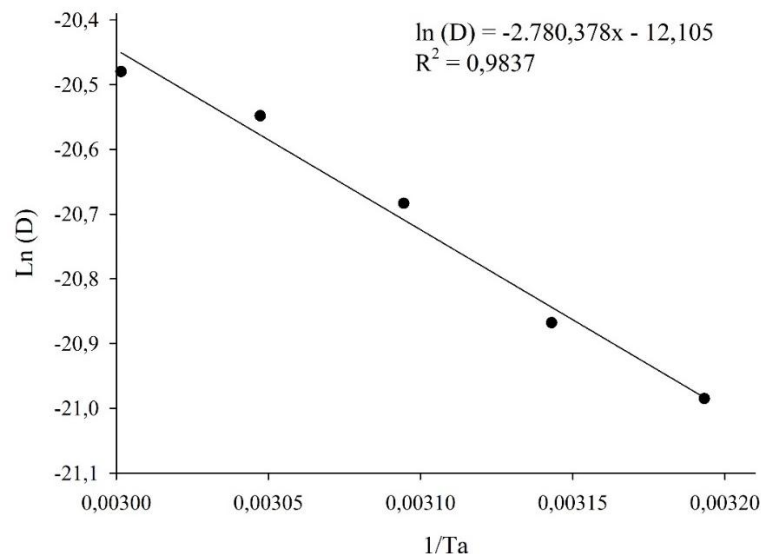


Figura 3. Coeficiente de difusão efetiva para as temperaturas de 40, 45, 50, 55 e 60 °C.

Os coeficientes de difusão efetivo apresentaram magnitudes entre $7,69684 \times 10^{-10}$ e $1,27585 \times 10^{-09}$ para a faixa de temperatura de 40 °C e 60 °C. Nota-se que ao aumentar a temperatura, o coeficiente de difusão aumenta. Isso se dá em decorrência da diminuição da

viscosidade da água quando há elevação da temperatura, a variação dessa propriedade promove a difusão da água nos capilares do grão, a fim de possibilitar o movimento desse fluido no produto (GONELI et al., 2009). Segundo Silva et al. (2018) os grãos de melão apresentaram magnitude entre $1,553 \times 10^{-10}$ e $2,091 \times 10^{-10} \text{ m}^2 \text{ s}^{-1}$ para o intervalo de 35 a 50 °C. Já Jittanit (2011) observou que os grãos de abóbora (*Cucurbita ssp.*) apresentaram magnitude entre $37,62 \times 10^{-11}$ e $50,96 \times 10^{-11} \text{ m}^2 \text{ s}^{-1}$ para o intervalo de 60 a 80 °C.

A energia de ativação para desencadear o início do processo de secagem foi de 12,26 kJ. mol⁻¹ para as sementes de melancia. Este valor está próximo ao relatado por Zogzas et al. (1996) que afirmam que o intervalo de energia de ativação para produtos agrícola varia de 12,7 kJ.mol⁻¹ a 110 kJ.mol⁻¹. Esse valor é muito baixo comparado com o encontrado por Silva et al. (2018) para as sementes de melão, que foi de 55,81 kJ. mol⁻¹. E 62,12 kJ mol⁻¹ para as sementes de abóbora (*Cucurbita ssp.*) (Jittanit, 2011). Isso se dá provavelmente em decorrência da forma, do teor de água inicial, da composição química, da estrutura e as condições de secagem que o produto foi submetido.

6. CONCLUSÃO

Com os resultados obtidos, as conclusões foram:

1. Os modelos de Dois termos e Aproximação da difusão são adequados para a representação da secagem das sementes de melancia (*Citrullus lanatus*) para as temperaturas de 40, 45 e 50 °C. Dentre eles o modelo da Aproximação da difusão foi o selecionado para representar o fenômeno. Já para as temperaturas mais altas 50, 55 e 60 °C, o modelo de Page foi o mais adequado para representar o fenômeno.
2. O coeficiente de difusão efetivo apresentou magnitude entre $7,69684 \times 10^{-10}$ e $1,27585 \times 10^{-09}$ para a faixa de temperatura de 40 °C e 60 °C. Apresentando aumento conforme a elevação da temperatura.
3. A energia de ativação para desencadear o processo de secagem foi de $12,26 \text{ kJ mol}^{-1}$.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AGUERRE, R.J.; SUAREZ, C.; VIOLLAZ, P. E. New BET type multi-layer sorption isotherms - Part II: Modelling water sorption in foods. **Lebensmittel-Wissenschaft & Technologie**, v.22, n.4, p.192-5, 1989.
- ALEXANDRE, H. V.; SILVA, F. L. H. da; GOMES, J. P.; SILVA, O. S. da; CARVALHO, J, P. D.; LIMA, E. E. de; Cinética de secagem do resíduo de abacaxi enriquecido. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 17, n. 6, p. 640-646, 2013.
- ALVES, G. E.; ISQUIERDO, E. P.; BORÉM, F. M.; SIQUEIRA, V. C.; OLIVEIRA, P. D.; ANDRADE, E. T. Cinética de secagem de café natural para diferentes temperaturas e baixa umidade relativa. **Coffee Science**, v. 8, n. 2, p. 238-247, 2013.
- ANDRADE JUNIOR, A. S. de; DIAS, N. da S.; FIGUEIREDO JUNIOR, L.G. M.; RIBEIRO, V. Q.; SAMPAIO, D. B. Produção e qualidade de frutos de melancia à aplicação de nitrogênio via fertirrigação. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.10, n.4, p.836-841, 2006.
- AZEVEDO, B. M. de; BASTOS, F.G.C.; VIANA, T. V. de A.; RÊGO, J. de L. D'ÁVILA, J. H. T. Efeitos de níveis de irrigação na cultura da melancia. **Ciência Agrônômica**, v. 36, n.1, p. 9-15, 2005.
- BECKER, T. S.; KRÜGER, R. L. Elaboração de barras de cereais com ingredientes alternativos e regionais do Oeste do Paraná. **Arquivo de Ciências Saúde UNIPAR**, v. 14, n. 3, p. 217-224, 2010.
- BERBERT, P. A. et al. Simulation of coffee drying in a fixed bed with periodic airflow reversal. **Journal of Agricultural Engineering Research**, v. 60, n. 3, p. 167-173, 1995.
- BHERING, M. C.; DIAS, D. C. F. S.; BARROS, D. I.; DIAS, L. A. dos S.; TOKUHISA, D. Avaliação do vigor de sementes de melancia (*Citrullus lunatus* Schrad.) pelo teste de envelhecimento acelerado, **Revista Brasileira de Sementes**, vol. 25, nº 2, p.1-6, 2003.
- BORÉM, F. M.; CORADI, P. C.; SAATH, R.; OLIVEIRA, J. A.. Qualidade do café natural e despulpado após a secagem em terreiro e com altas temperaturas. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 32, n. 2, p. 1609-1615, 2008.
- BOTELHO, F. M.; GARCIA, T. R. B.; VIANA, J. L.; BOTELHO, S. de C. C.; SOUSA, A. M. B de. Cinética de secagem e determinação do coeficiente de difusão efetivo de grãos de sorgo. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v. 14, n. 2, p. 260 – 272, 2015.

- BRASIL. Ministério da Agricultura do Abastecimento e da Reforma Agrária. Secretaria Nacional de Defesa Agropecuária. **Regras para a Análise de Sementes**. Brasília, DF. p. 308, 2009.
- BROOKER, D.B.; BAKKER-ARKEMA, F.W.; HALL, C.W. **Drying and storage of grains and oilseeds**. Westport: The AVI Publishing Company, 1992. 450 p.
- BURMESTER, K.; EGGERS, R. Heat and mass transfer during the coffee drying process. **Journal of Food Engineering**, v. 99, n. 4, p. 430-436, 2010.
- CASAGRANDE, B. P.; TORQUATO, C. V. P.; RIBEIRO, C.; PALMIERI, F. G.; RODRIGUES, G. G.; INACIO, H. A. C.; AIRES, H. S.; LUIZ, I. F.; MARCOMINI, L. R. da S.; MODA, L. R.; MOLENA, L. A.; SILVA, L. R. L. da; BARBIERI, M. G.; SILVA, M. C.; SOUZA, M. N. O. de; JUNIOR, R. B. Melancia. **Anuário Brasil Hortifruti**, v. 2017, n. 174, p. 37, 2017.
- CEAGESP. Sazonalidade dos produtos comercializados no etsp. Disponível em: <<http://www.ceagesp.gov.br/os-produtos/>> Acesso em: 13 de novembro de 2018.
- CORRÊA, P. C.; MACHADO, P. F.; ANDRADE, E. T. Cinética de secagem e qualidade de grãos de milho-pipoca. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 25, n. 1, p. 134-142, 2001.
- CORRÊA, P. C.; OLIVEIRA, G. H. H.; BOTELHO, F. M.; GONELI, A. L. D.; CARVALHO, F. M. Modelagem matemática e determinação das propriedades termodinâmicas do café (*Coffea arabica* L.) durante o processo de secagem. **Revista Ceres**, v. 57, n. 5, p. 595-601, 2010.
- CORRÊA, P. C.; RESENDE, O.; MARTINAZZO, A. P.; GONELI, A. L. D.; BOTELHO, F. M. Modelagem matemática para a descrição do processo de secagem do feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) em camadas delgadas. **Engenharia Agrícola**, v. 27, n. 2, p. 501-510, 2007.
- DE ANDRADE, A. S.J.; RODRIGUES, B. H. N.; SOBRINHO, C. A.; BASTOS, E. A.; MELO, F. de B.; CARDOSO, M. J.; SILVA, P. H. S. da; DUARTE, R. L. R. **A cultura da melancia**. 2. ed. Brasília: Distrito Federal, 2007. 85 p.
- DIÓGENES, A.M.G.; Queiroz, A.J.M.; Figueiredo, R.M.F. & Santos, D.C. (2013) – Cinética de secagem de grãos de abóbora. **Revista Caatinga**, v. 26, n. 1, p. 71-80.
- DONZELES, S. M. L.; SILVA, J.S.; CORRÊA, P.C.; SANTOS, R.R.; MAGALHÃES, E.A. Custos comparativos da secagem de café cereja descascado em dois terreiros secadores. **Engenharia na Agricultura**, v. 15, n. 2, p. 119-129, 2007.

- FONTES, A. T.; VASCONCELOS, A. H. P. de; PORTELA, F. C. A.; OLIVEIRA, J. S. R.; IZOTON, M. M.; LIMA, P. R. L.; Melancia. **Boletim Hortigranjeiro Conab**, v. 4, n. 2, p. 65-70, 2018.
- GINER, S. A.; MASCHERONI, R.H. Diffusive drying kinetics in wheat, Part 2: applying the simplified analytical solution to experimental data. **Postharvest Technology**, v.81, n.1, p.85-97, 2002.
- GONELI, A. L. D.; CORRÊA, P. C. ; AFONSO JÚNIOR, P. C. ; OLIVEIRA, G.H.H. . Cinética de secagem dos grãos de café descascados em camada delgada. **Revista Brasileira de Armazenamento**, v. Café, p. 64-73, 2009.
- GONELI, A.L.D; VIEIRA, M. Do C; VILHASANTI, H. Da C, B; GONÇALVES, A.A. Modelagem Matemática e difusividade efetiva de folhas de aroeira durante a secagem. **Pesquisa Agropecuária Tropical**,v. 44, n. 1, p. 56-64, jan./mar. 2014.
- GRANJEIRO, L. C.; CECÍLIO FILHO, A. B. Acúmulo e exportação de macronutrientes em melancia sem sementes. **Horticultura Brasileira**, v. 23, n. 3, p. 763-767, 2005.
- HARRINGTON, J.F. **Seed storage and longevity**. In: KOZLOWSKI, T.T. (Ed.) *Seed Biology*. New York: Academic Press, 1972. v.3 p.145-245.
- ISQUIERDO, E. P.; BORÉM, F. M.; ANDRADE, E. T. DE; CORRÊA, J. L. G.; OLIVEIRA, P. D. DE; ALVES, G. E. Drying kinetics and quality of natural coffee. **Transactions of the ASAE**, v. 53, n. 3, p. 1003-1010, 2013.
- JITTANIT, W. Kinetics and Temperature Dependent Moisture Diffusivities of Pumpkin Seeds During Drying. **Kasetsart Journal-Natural Science**, vol.45, n. 1, p. 147-158, 2011.
- KASHANINEJAD,M.; MORTAZAVI,A; SAFEKORDI,A.; TABIL, L.G. Thin –layer drying characteristics and modeling of pistachio nuts. **Journal of Food Engineering**, v.78, p.98 - 108, 2007.
- KIST, B. B.; SANTOS, C. E. dos; CARVALHO, C. de; TREICHEL, M.; FILTER, C. F. Melancia. **Anuário Brasileiro da Fruticultura**, v. 2017, n. 1, p. 65 – 67, 2017.
- LEÃO, D. S.; PEIXOTO, J.R.; VIEIRA, J. V. Teor de licopeno e de sólidos solúveis totais em oito cultivares de melancia. **Bioscience Journal**, v. 22, n. 3, p. 7-15, 2006.
- LEONEL, L. A.K.; ZÁRATE, N. A. H.; VIEIRA, M. do C.; MARCHETT, M. E. Produtividade de sete genótipos de melancia em Dourados. **Horticultura Brasileira**, v. 18, n. 3, p. 222-224, 2000.
- MADAMBA.A.P.; DRISCOLL,R.H.;BUCKLE, K.A. The thin layer drying characteristic of garlic slices. **Journal of Food Engineering**, v. 29, p. 75-97, 1996.

- MASSIERER, C. **Produção de melancia no Rio Grande do Sul está em fase de colheita.** Disponível em: <<https://estado.rs.gov.br/producao-de-melancia-no-rio-grande-do-sul-esta-em-fase-de-colheita>> Acesso em: 12 de novembro de 2018.
- MIDILLI, A.; KUCUK, H.; YAPAR, Z. A. New model for single-layer drying. **Drying Technology**, New York, v. 20, n. 7, p. 1503-1513, 2002.
- MOHAPATRA, D.; RAO, P.S. A thin layer drying model of parboiled wheat. **Journal of Food Engineering**, v.66, p.513-518, 2005.
- OCTAVANI, J. C.; BIAGI, J. D. Avaliação de qualidade e custos de secagem de café cereja descascado desmucilado, em secador horizontal rotativo, com utilização de lenha de eucalipto e gás liquefeito de petróleo. **Revista Ecosistema**, v. 29, n. 1, p. 27-32, 2004.
- OLIVEIRA, P. D.; BORÉM, F. M.; ISQUIERDO, E. P.; GIOMO, G. da S.; LIMA, R. R. de; CARDOSO, R. A.. Aspectos fisiológicos de grãos de café, processados e secados de diferentes métodos, associados à qualidade sensorial. **Coffee Science**, v. 8, n. 2, p. 211-220, 2013.
- PANCHARIVA, P. C.; POPOVIC, D.; SHARMA, A. L. Thin-layer modeling of black tea drying process. **Journal of Food Engineering**, v. 52, n. 4, p. 349-357, 2002.
- PARK, K. J.; VOHNIKOVA, Z.; BROD, F. P. R. Evaluation of drying parameters and desorption isotherms of garden mint leaves (*Mentha crispa* L.). **Journal of Food Engineering**, v. 51, n. 3, p. 193-199, 2002.
- PERKINS-VEAZIE, P.; COLLINS, J. K.; PAIR, S. D. **Watermelon packs a powerful lycopene punch**, Agriculture Research, 2002.
- RESENDE, O.; AFONSO JUNIOR, P.C.; CORREA, P. C.; SIQUEIRA, V. C. Qualidade do café conilon submetido à secagem em terreiro híbrido e de concreto. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 35, n. 2, p. 327-335, 2010.
- RESENDE, O.; CORREA, P. C.; GONELI, A. L. D.; BOTELHO, F. M.; RODRIGUES, S. Modelagem matemática do processo de secagem de duas variedades de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.). **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, v. 10, n. 1, p. 17-26, 2008.
- RESENDE, O.; ULLMANN, R.; SIQUEIRA, V. C.; CHAVES, T. H.; FERREIRA, L. U. Modelagem matemática e difusividade efetiva das sementes de pinhão manso (*Jatropha curcas* L.) durante a secagem. **Revista Engenharia Agrícola**, v. 31, n.6, p. 1123-1135, 2011.
- ROCHA, D. C.; SANTOS, B.M.; SCHEID, C.M.; CALÇADA, L.A. Determinação dos coeficientes de difusão e convectivo na Secagem de sementes de *Nasturtium officinale* (agrião). **In: Congresso Brasileiro de Engenharia Química em Iniciação Científica**, v. 6, 2005.

SANTOS, G. R. DOS; CAFÉ-FILHO, A. C.; LEÃO, F. F.; CÉSAR, M.; FERNANDES, L. E. Progresso do crestamento gomoso e perdas na cultura da melancia. **Horticultura Brasileira**, v. 23, n. 2, p. 228-232, 2005.

SILVA, I. L.; SILVA, H. W. da; CAMARGO, F. R. T. de; FARIAS, H. F. L. de; FREITAS, E. de F. M. Secagem e difusividade de sementes de melão. **Revista de Ciências Agrárias**, v. 41, n. 2, p. 309 – 315, 2018.

SIQUEIRA, V. C.; RESENDE, O.; CHAVES, T. H. Determination of the volumetric shrinkage in jatropha seeds during drying. **Acta Scientiarum**, v.34, n.3, p.231-238, 2012.

SIQUEIRA, V. C.; RESENDE, O.; CHAVES, T. H. Mathematical modelling of the drying of jatropha fruit: an empirical comparison. **Revista Ciência Agrônômica**, 44, n. 2, p. 278-285, 2013.

TORRES, S. B. Germinação e desenvolvimento de plântulas de melancia em função da salinidade. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 29, n. 3, p. 77-82, 2007.

ZOGZAS, N. P.; MAROULIS, Z. B.; MARINOSKOURIS, D. Moisture diffusivity data compilation in foodstuffs. **Drying Technology**, v. 14, n. 10, p. 2225-2253, 1996.