

Ciências Agrárias: Campo Promissor em Pesquisa 4

Jorge González Aguilera
Alan Mario Zuffo
(Organizadores)



Jorge González Aguilera
Alan Mario Zuffo
(Organizadores)

**Ciências Agrárias: Campo Promissor
em Pesquisa**
4

Atena Editora
2019

AVALIAÇÃO DA INFLUÊNCIA DA TEMPERATURA NA CINÉTICA DE SECAGEM DE *Malus domestica* EM ESTUFA

Kátia Cristina Barbosa da Silva

Universidade Federal de Campina Grande
Sumé – PB

Maria Suenia Nunes de Moraes

Universidade Federal de Campina Grande
Sumé – PB

Camila Joyce Ferreira de Locio

Universidade Federal de Campina Grande
Sumé – PB

Luana Maria de Queiroz Silva

Universidade Federal de Campina Grande
Sumé – PB

Bruno Rafael Pereira Nunes

Universidade Federal de Campina Grande
Sumé – PB

RESUMO: O processo de secagem é uma técnica utilizada na conservação de produtos objetivando a manutenção de sua qualidade, aumentando assim sua vida útil. Dessa forma, a modelagem matemática vem sendo utilizada e despertando o interesse de inúmeros pesquisadores para os mais diversos produtos. Nesse sentido, objetivou-se analisar em diferentes temperaturas a cinética de secagem de maçã (*Malus domestica*), acondicionada em estufa durante um período de 10 horas. As temperaturas utilizadas foram de 40°C, 50°C e 60°C, da qual foram analisados parâmetros de umidade, sendo estes ajustados aos modelos

de Newton, Page, Henderson e Pabis e Logarítmico pelo coeficiente de determinação (R^2) e qui-quadrado reduzido (χ^2). O experimento foi realizado em triplicata a fim de minimizar a margem de erro, utilizando maçãs cortadas em rodela com 0,76 cm de espessura média e diâmetro médio de 5,2 cm. Os modelos propostos se ajustaram bem aos dados experimentais, porém o modelo Logarítmico apresentou um melhor resultado por apresentar maior valor de R^2 e menor valor de χ^2 , indicando que este modelo representa satisfatoriamente o fenômeno de secagem de maçã em estufa, para as condições estudadas. A secagem de maçã feito em estufa mostrou boa reprodução dos dados experimentais, sendo possível identificar que a aplicação de maiores temperaturas, para o mesmo tempo de processamento, pode gerar maior redução no teor de umidade das amostras. Para as temperaturas de 50 e 60°C, a umidade final foi de aproximadamente 4%, valor abaixo do limite máximo exigido pela ANVISA para armazenamento de produtos vegetais secos ou desidratados.

PALAVRAS-CHAVE: Conservação de alimentos, Modelos matemáticos, Secagem.

ABSTRACT: The drying process is a technique used in the conservation of products aimed at maintaining its quality, thus increasing its useful life. Thus, the mathematical modeling has been

used and arousing the interest of countless researchers for the most diverse products. In this sense, the objective was to analyze at different temperatures the drying kinetics of Apple (*Malus domestica*), packaged in a greenhouse for a period of 10 hours. The temperatures used were 40 °C, 50 °C and 60 °C, from which moisture parameters were analyzed, which were adjusted to Newton, Page, Henderson and Pabis and logarithmic models by the coefficient of determination (R^2) and reduced Chi-square (χ^2). The experiment was carried out in triplicate in order to minimize the margin of error, using apples cut in slices with 0.76 cm of medium thickness and average diameter of 5.2 cm. The proposed models adjusted well to the experimental data, but the logarithmic model presented a better result for presenting higher value of R^2 and lower value of χ^2 , indicating that this model satisfactorily represents the phenomenon of drying apple in Greenhouse, for the conditions studied. The drying of Apple made in greenhouse showed good reproduction of the experimental data, being possible to identify that the application of higher temperatures, for the same processing time, can generate a greater reduction in the moisture content of the samples. For temperatures of 50 and 60 °C, the final moisture was approximately 4%, value below the maximum limit required by ANVISA for storage of dry or dehydrated plant products.

KEYWORDS: Food conservation, Mathematical models, drying.

1 | INTRODUÇÃO

A maçã é um fruto que apresenta altos teores de carboidratos, potássio, vitamina A, B e C, podendo ser consumida *in natura* ou processada (SILVA et al. 2009). O Brasil ocupa o posto de 11º produtor de maçãs (*Malus domestica Borkh*), com uma produção anual, para safra de 2014, estimada em 1.378.617 toneladas do fruto. Sua produção concentra-se principalmente na região Sul do país, destacando os estados de Santa Catarina e Rio Grande do Sul (DE MARTIN et al. 2017).

Um dos componentes em maior abundância nas frutas é a água, tornando-as assim altamente perecíveis. De acordo com Alves et al. (2011) há uma estimativa de que 40% da produção seja inutilizada entre a colheita no campo até a chegada ao consumidor, devido a forma de armazenamento. Em todas as fases de seu processamento, os alimentos estão suscetíveis a processos deteriorantes e de contaminação, ocasionadas principalmente por microrganismos, enzimas e reações do oxigênio com o ar, modificando suas estruturas primárias (NESPOLO, 2015)

A secagem vem nos proporcionar uma mudança nesse cenário. Segundo Oliveira (2014), a secagem tem capacidade de aumentar o tempo de consumo da fruta como produto acabado, além de poder contribuir com a redução das perdas em decorrência da deterioração permitindo o transporte e armazenamento a um custo relativamente mais baixo.

Nos últimos anos, as frutas desidratadas vêm ganhando uma maior visibilidade no mercado, gerando uma vasta expansão de sua comercialização, principalmente em

lojas de produtos naturais, além da sua utilização em barras nutritivas (COSMO et al. 2017).

A qualidade desses produtos sofre influência de variáveis como tempo, temperatura, velocidade do ar e os teores de umidade do produto e do ar utilizado na secagem. Uma forma de prever o nível de umidade no produto é relacioná-la ao tempo de desidratação, criando as curvas de cinética e em seguida realizar o ajuste dos dados a modelos matemáticos, que se tornam ferramentas indispensáveis para as tomadas de decisão visando à melhoria da eficiência do processo. As informações geradas durante o ajuste também podem ser utilizadas no desenvolvimento de equipamentos e para predição de tempos de secagem. Os modelos matemáticos de Newton, Page, Henderson e Pabis e Logarítmico são largamente adotados em processos de secagem (SANTOS JR. et al. 2018).

1.1 Fundamentação Teórica

Por ser uma grande fonte de nutrientes, vitaminas e sais minerais essenciais na dieta dos seres humanos, as frutas apresentam grande importância alimentar. Segundo Negri (2016), elas fornecem além dos nutrientes, sabores acentuados, elevados teores de fibra, água e compostos antioxidantes, contribuindo de maneira benéfica para saúde da população.

De acordo com Lima (2017), a maçã (*Malus domestica*) é uma fruta originária da árvore *Pyrusmalus*, gerada na região do Cáucaso, encontra-se entre os quatro frutos mais consumidos no mundo, sua estrutura sofre transformações bioquímicas durante seu amadurecimento, além de ser uma fruta possível de ser desidratada, pois possui boa textura, alto teor de açúcares e de acidez. É uma fruta rica em fenóis, substâncias pécticas e celulose, que juntamente com a lignina constituem a fibra (PETRI E LEITE, 2008).

Com o decorrer dos anos, para melhorar a qualidade e o rendimento dos produtos alimentares tem sido ampliado o desenvolvimento de técnicas e estudos relativos aos processos armazenamento e conservação de alimentos. A associação de operações e processos adequados durante o processamento pode garantir a manutenção de suas qualidades no produto (DIONELLO et al. 2009).

Um dos métodos amplamente aplicados é o de secagem ou desidratação, que é uma técnica na qual parte da água que compõe a fruta é removida por mecanismos de transferência de massa e de calor, simultaneamente. A redução do teor de água inibe, entre outros, a contaminação microbiológica e reações de escurecimento no produto final (SANTOS Jr. et al. 2018).

Nespolo (2015) define secagem como um processo que proporciona à retirada da água, com a concentração de teor de açúcar presente e à acentuação do sabor e da cor. Podem-se ressaltar alguns benefícios da produção de frutas desidratadas, como o controle do crescimento de microrganismos indesejáveis, a facilidade de transporte, manuseio e o grande tempo de prateleira, tornando essa técnica uma alternativa para

a solução dos problemas de perda e contaminação.

Uma forma de prever o nível de umidade do produto é realizar o ajuste dos dados cinéticos a modelos matemáticos, podendo ser teóricos, semi-teóricos ou empíricos, e que se tornam ferramentas úteis para as tomadas de decisão e para a melhoria da eficiência do processo, (FERNANDES et al. 2018).

De acordo com Silveira (2017), no que diz respeito à cinética de secagem, a literatura dispõe de diversas abordagens de modelos com aplicações em diversas áreas da ciência e da engenharia. Para cada modelo, as caracterizações dos parâmetros da cinética de secagem são determinadas por meio da formulação e resolução de um problema de otimização, baseado na obtenção dos melhores parâmetros que possa diminuir o somatório dos desvios quadráticos entre o modelo proposto e os pontos experimentais.

Gomes et al. (2015), afirma que muitos autores analisam o processo de cinética de secagem e demonstram que a equação de Fick: $J = -DdC/dx$, apresenta grandes limitações, tanto pela necessidade de um grande número de termos quanto por não representar os dados experimentais em trechos das curvas, sendo sugerido a utilização do modelo de Page para os processos de secagem de frutas.

Os modelos matemáticos de Lewis, de Page, de Thompson, de Midilli Modificado, de Verma, de Resíduos Sucessivos e de Henderson e Pabis modificado são utilizados para descrever o estudo da cinética de secagem (CARDOSO, 2017 apud ALVES et al. 2011) os quais são baseados na Lei de Newton para resfriamento, aplicada à transferência de massa. No entanto, “esta lei é aplicada apenas em condições isotérmicas e a resistência à transferência de umidade ocorre apenas na superfície do produto” (PANCHARIYA; POPOVIC; SHARMA, 2002). Dos modelos empíricos utilizados por meio da simplificação das séries da Segunda Lei de Fick os modelos de Henderson e Pabis são os mais utilizados e apresentam os melhores resultados tanto para produtos vegetais quanto animais (CARDOSO, 2017 apud ALVES et al. 2011).

Dentro desse contexto e conhecendo a relevância atual da comercialização de frutas desidratadas, objetivou-se descrever a cinética do processo secagem da maçã (*Malus domestica Borkh*) em estufa para as temperaturas de 40, 50 e 60°C, além de ajustar diferentes modelos matemáticos aos dados experimentais.

2 | METODOLOGIA

O trabalho foi desenvolvido no Laboratório de Biologia Celular e Molecular do Centro de Desenvolvimento Sustentável do Semiárido da Universidade Federal de Campina Grande (UFCG), na cidade de Sumé-PB.

Inicialmente as amostras foram adquiridas no comércio local, higienizadas em água corrente, descascadas, cortadas em rodela de aproximadamente 0,76 cm de espessura e diâmetro médio de 5,2 cm, e divididas em duas amostras, conforme a

Figura 1.

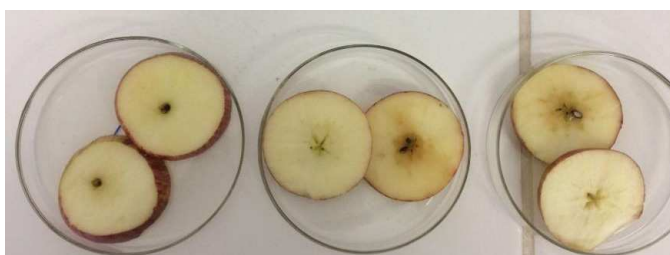


Figura 1: amostras de maçãs higienizadas, cortadas em rodellas nas devidas proporções e adicionadas em placas de petri, em triplicata, antes do processo de secagem.

Fonte: o autor.

O estudo cinético, para as três temperaturas estudadas, foi realizado em dias diferentes. As massas das amostras foram determinadas em balança analítica (AUY220), sendo que no dia em que se aplicou 40 °C a temperatura e umidade relativa ambiente média foram 26°C e 71%, respectivamente (THE WEATHERCHANNEL, 2018). No dia em que se aplicaram as temperaturas de 50 °C e 60°C foram verificadas temperatura e umidade relativa ambiente média de 22°C e 37%, respectivamente (THE WEATHERCHANNEL, 2018).

Após a determinação das massas, as amostras foram acondicionadas em estufa (MICROPROCESSADA DE CULTURA E BACTERIO, MODELO Q316M5 SEL. AUT. 110/220), permanecendo no equipamento por um período de 10 horas.

Durante este período foram realizadas dez (10) pesagens em intervalos de dez minutos, treze (13) pesagens em intervalos de vinte minutos, uma (1) pesagem em intervalo de sessenta minutos, três (3) pesagens em intervalos de trinta minutos, uma (1) pesagem em intervalo de cinquenta minutos e por fim, uma (1) pesagem em intervalo de dez minutos.

Com base nos dados obtidos por meio da pesagem das amostras nos tempos pré-estabelecidos, foi realizada a análise do comportamento cinético, os cálculos da umidade em base úmida (X_{bu}) e em base seca (X_{bs}) e do parâmetro adimensional razão de teor de água (RX), aplicando as Equações (1), (2) e (3), conforme método descrito por Menezes et al. (2013) e Martins et al. (2016), respectivamente.

$$X_{bs} = \frac{m_i - m_e}{m_e} \quad \text{Equação (1)}$$

$$X_{bu} = \frac{m_i - m_e}{m_i} \quad \text{Equação (2)}$$

$$RX = \frac{x_{bs} - x_e}{x_{bs,0} - x_e} \quad \text{Equação (3)}$$

Em que: m_i = massa no tempo i ; m_e = massa no equilíbrio; X_e = umidade de equilíbrio; $X_{bs,0}$ = umidade inicial;

O ajuste dos dados aos modelos matemáticos (Tabela 1) de Newton, Page,

Henderson e Pabis e Logarítmico pelo coeficiente de determinação (R^2) e qui-quadrado reduzido (χ^2), foi realizado com auxílio do software Origin 2017®. O parâmetro k é o coeficiente de secagem (s^{-1}), que representa o efeito das condições externas da operação sobre as amostras. Os coeficientes, a , b e n são parâmetros adimensionais. “ a ” e “ n ” nos modelos de Henderson & Pabis e Page, refletem a extensão da resistência interna do produto as condições empregadas (CABRAL FILHA et. al. 2016).

MODELO	EQUAÇÃO	REFERÊNCIA
Newton	$RX=e^{-kt}$	O'callaghan et al. (1971)
Page	$RX=e^{-kt^n}$	Page (1949)
Henderson e Pabis	$RX=a \cdot e^{-kt}$	Henderson E Pabis (1962)
Logaritmico	$RX=a \cdot e^{-kt+b}$	Yagcioglu et al. (1999)

Tabela 1: Modelos de regressão não-linear aplicados à curva de secagem de maçã (*Malus domestica Borkh*), em estufa.

3 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

As amostras de maçã *in natura* apresentaram um conteúdo de umidade em base úmida em torno de $73,73 \pm 0,0073\%$. Após a aplicação do processo de secagem, devido a remoção de água, houve redução das dimensões das rodelas do fruto, como pode ser visto na Figura 2, em comparação com a Figura 1. Percebe-se que tanto o diâmetro, como a espessura são menores do que nas amostras *in natura*.

Como foram coletados dados durante todo o período de aplicação de secagem, foi possível avaliar o comportamento da umidade em base seca em função do tempo, para as três temperaturas em estudo. A Figura 3 apresenta o comportamento cinético do processo de secagem da maçã em estufa a 40, 50 e 60°C.



Figura 2: Amostras de maçãs após secagem em estufa

Fonte: o autor.

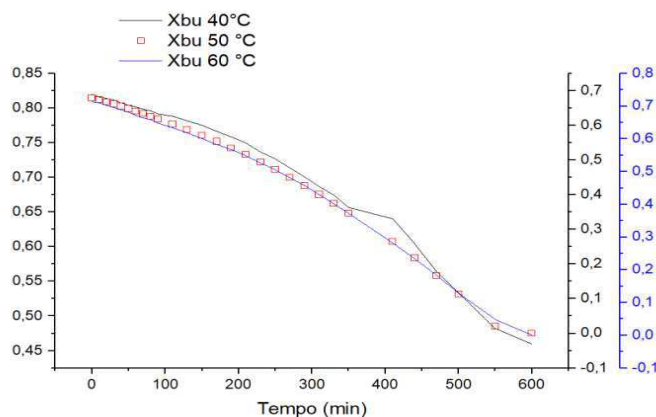


Figura 3: Comportamento da umidade (Xbu) em função do tempo (min), na secagem de maçã em estufa a 40 (a), 50 (b) e 60°C (c).

Na Figura 3 observa-se que houve a redução do teor de umidade das amostras, para todas as temperaturas, em função do tempo. A redução pode ser explicada pela remoção de água presente na maçã, sendo esta remoção causada pelas transferências de calor e de massa que ocorrem na superfície do material, por vaporização, e do interior para superfície, principalmente por difusão, devido às condições no interior da estufa. Também é possível fazer um comparativo do comportamento para as temperaturas de 40, 50 e 60°C. Nota-se que na temperatura de 40°C, obteve-se uma redução relativamente baixa em comparação as outras duas, na qual se verifica que mesmo o tempo de secagem sendo o mesmo, o teor de umidade final, encontra-se em torno de 45%. Santos Jr. et al. (2018) observaram que o período de massa constante na secagem de maçã Fuji foi alcançado em um tempo menor quando se utiliza uma temperatura maior. Amaral (2014), mostram que o uso de temperaturas altas provoca aumento na taxa de secagem da maçã, ou seja, um determinado valor de umidade pode ser alcançado em menor tempo quanto maior foi a temperatura utilizada no processo. Martins et al. (2016), analisando a influência da temperatura sobre o tempo de secagem da acerola, verificaram que a variação da temperatura de 50°C para 70°C, reduziu o tempo de secagem de 720 minutos para 540 minutos.

Ao observar as curvas relativas a 50 e 60 °C é possível constatar que o aumento da temperatura, mantendo o tempo de processamento fixo, proporciona uma maior redução da umidade, sendo alcançados, para as duas condições, valores muito próximos, em torno de 4%. A umidade de produtos vegetais secos ou desidratados para armazenagem deve ser de no máximo 12%, Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA, 2005). O resultado apresentado na secagem realizada em estufa, aplicando as temperaturas de 50 e 60°C, se encontram de acordo com essa especificação.

A Figura 4 apresenta as curvas de secagem obtidas pela conversão dos dados referentes à perda de água no parâmetro adimensional razão de teor de água (RX)

ajustado aos modelos matemáticos de Newton, Page, Henderson & Pabis e Logarítmico, para as temperaturas de 40, 50 e 60 °C.

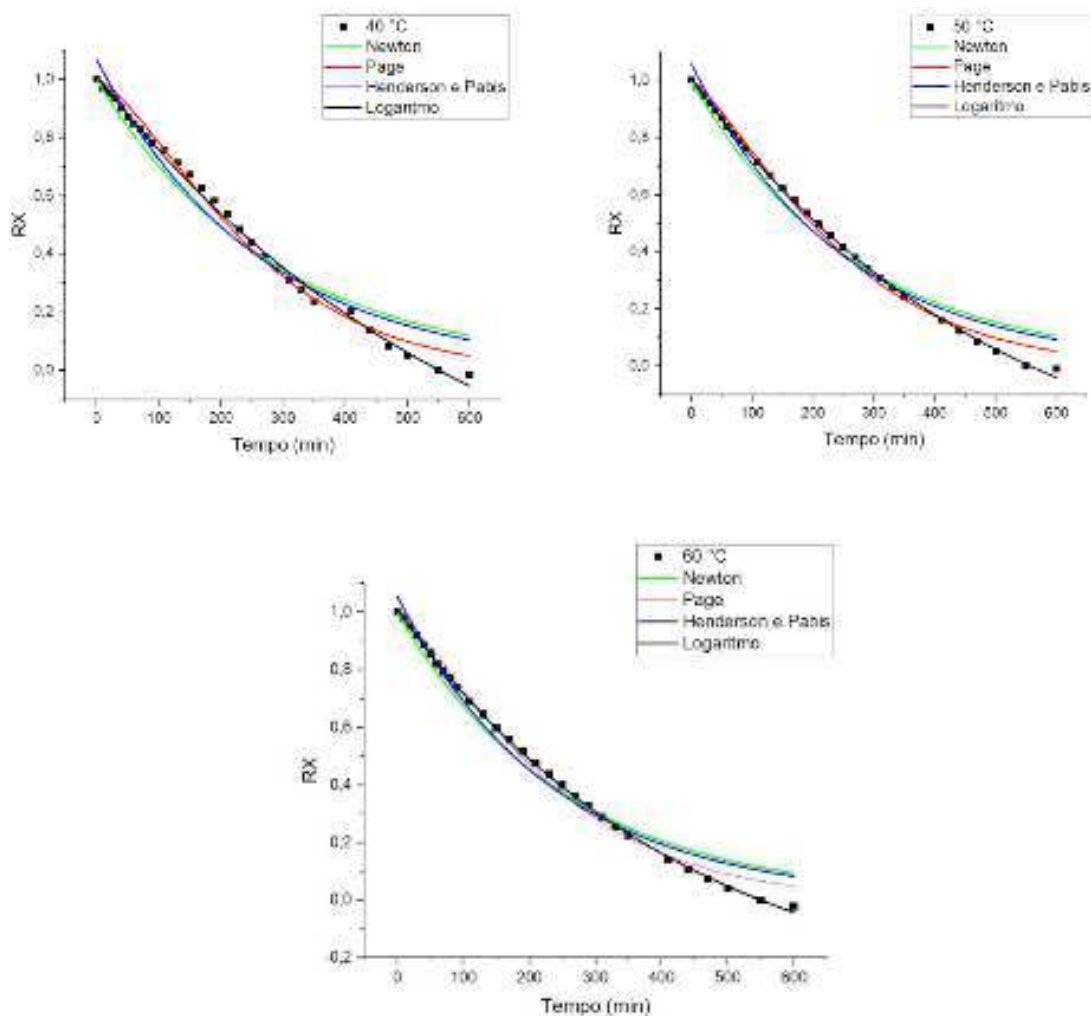


Figura 4: Comportamento da Razão de secagem (RX) de maçã em estufa, em função do tempo (min), com ajuste pelos modelos de Newton, Page, Henderson & Pabis e Logarítmico para as temperaturas de 40, 50 e 60°C.

Observa-se que nas condições estudadas, os dados de razão de secagem, em função do tempo, se ajustaram bem aos modelos propostos, ou seja, apresentaram bom ajuste aos dados experimentais. Os valores dos parâmetros dos modelos de Newton, Page, Henderson & Pabis e Logarítmico, ajustados aos dados experimentais, com os correspondentes valores dos coeficientes de determinação (R^2) e qui-quadrados reduzidos (χ^2), para as três temperaturas aplicadas, estão apresentados na Tabela 2.

TEMPERATURA		40 °C				
MODELO	PARÂMETROS					
	A	K	b	n	R ²	χ ²
Newton		0,0035			0,952	0,004
Page		3,9x10 ⁻⁴		1,394	0,991	0,001
Henderson e Pabis	1,0689	0,0038			0,967	0,004
Logaritmico	-0,7115	0,0016	1,724		0,997	3,7x10 ⁻⁴
TEMPERATURA		50 °C				
MODELO	PARÂMETROS					
	A	K	b	n	R ²	χ ²
Newton		0,0037			0,971	0,003
Page		7,1x10 ⁻⁴		1,301	0,993	7,8x10 ⁻⁴
Henderson e Pabis	1,0601	0,0040			0,978	0,002
Logaritmico	-0,4724	0,0020	1,482		0,999	5,7x10 ⁻⁵
TEMPERATURA		60 °C				
MODELO	PARÂMETROS					
	A	k	b	n	R ²	χ ²
Newton		0,0039			0,974	0,003
Page		9,1x10 ⁻⁴		1,266	0,992	8,6x10 ⁻⁴
Henderson e Pabis	1,0566	0,0042			0,980	0,002
Logaritmico	-0,3883	0,0023	1,397		0,999	5,0x10 ⁻⁵

Tabela 2: Modelos de regressão não-linear aplicados à curva de secagem de maçã (*Malus domestica* Borkh), em estufa, a 40, 50 e 60°C.

Todos os modelos matemáticos se ajustaram bem aos dados experimentais, sendo que o modelo Logaritmico apresentou o melhor ajuste diante os dados obtidos, ou seja, melhor ajuste entre os quatro modelos testados por apresentar maior valor de R² e menor valor de χ², sendo assim, considerado o mais indicado para descrever a secagem de maçã em estufa, para as temperaturas apresentadas. Resultados semelhantes a esse foram encontrados por Pontes (2009), em seu trabalho, no qual foi realizada determinação das curvas de secagem em camada delgada de pimenta de cheiro (*Capsicum chinense*) a diferentes temperaturas, onde foi possível observar que os modelos que mais se ajustaram foram o de Logaritmico e Page, os quais também apresentam coeficiente de determinação superior a 0,99.

Observa-se também uma tendência de aumento no valor do parâmetro “k” em resposta a elevação da temperatura para todos os modelos testados (Tabela 2). Esta constante está relacionada à difusividade térmica no processo de secagem (GUPTA et al. 2015), onde seu comportamento ganha sentido pois o aumento da temperatura fornece maior quantidade de energia na forma de calor, o que faz com que as maçãs se ajustem mais rapidamente à temperatura ao seu entorno por chegar à umidade de equilíbrio em menor tempo que no uso de temperaturas mais baixas.

4 | CONCLUSÃO

A secagem de maçã por meio de estufa mostrou boa reprodução dos dados experimentais, sendo possível concluir que a aplicação de maiores temperaturas, para o mesmo tempo de processamento, pode gerar maior redução no teor de umidade das amostras. Para as temperaturas de 50 e 60°C, a umidade final foi de aproximadamente 4%, valor abaixo do limite máximo exigido pela Agencia Nacional de Vigilância Sanitária

(ANVISA) para armazenamento de produtos vegetais secos ou desidratados. Através dos resultados obtidos, verificou-se também que todos os modelos matemáticos se ajustaram de maneira satisfatória as curvas obtidas, a partir dos dados experimentais, entretanto, o modelo Logarítmico foi o que melhor se adequou para descrever a cinética de secagem da maçã em estufa, nas condições aplicadas, por apresentar maior valor de coeficiente de determinação (99,70%) para a temperatura de 40°C e (99,99%) para as temperaturas de 50 e 60°C, e menor valor de qui-quadrado reduzido, todos menores $3,8 \times 10^{-4}$.

REFERÊNCIAS

ALVES, F. M. S.; et al., **Alimentos produzidos a partir de farinhas de caju, obtidas por secagem**. Revista Verde de Agroecologia e desenvolvimento Sustentável. Mossoró-RV, v.6, n.3, p131-138, 2011.

AMARAL, A. P. C., (2014). **Estudo Da Secagem De Maçãs: Utilização De Pré-Tratamentos**. Trabalho de Conclusão de Curso. Instituto de Ciência E Tecnologia de Alimentos. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre.

ANVISA. **Resolução da Diretoria Colegiada - RDC nº 272 de 22/09/2005**. ANVISA. Disponível em: <http://portal.anvisa.gov.br/legislacao#/visualizar/27633>.

CABRAL, F. M. C. S.; Araújo, S. C.; Silva, G. M. S; Canuto, M. F. C. S.; Martins, G. M. V. **Thin layer drying kinetics of guava (Psidium Guajava L.) waste**. Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável. Pombal-PB, v. 11, n 4, p. 99-104, 2016.

CARDOSO, Ila Raquel Mello et al. **ANÁLISE DA CINÉTICA E MODELAGEM MATEMÁTICA DA SECAGEM DA POLPA DE BURITI (MAURITIA FLEXUOSA L) (ANALYSIS KINETICS AND MATHEMATICAL MODELS OF THE BURITI'S PULP DRYING)**. Engevista, v. 19, n. 5, p. 1188-1197, 2017.

COSMO, B.M.N. et al. **PRODUÇÃO DE FRUTAS DESIDRATADAS: ESTADO ATUAL, PROCEDIMENTOS E PERSPECTIVAS FUTURAS**. Fortaleza, p.1-26, 2017.

DE MARTIN, Mariuccia Schlichting et al. **BALANÇO NUTRICIONAL DE FRUTOS DE MACIEIRA AO LONGO DO DESENVOLVIMENTO**. 14ª Jornada de Pós-Graduação e Pesquisa-congrega urcamp-2017, p. 836-847, 2017.

FERNANDES, A. I.; DE LÓCIO, C. J. F.; DE MORAIS, M. S. N.; NUNES, B. R. P. **ANÁLISE DA CINÉTICA DE SECAGEM DE *Mallus domestica* EM ESTUFA**. Congresso Técnico Científico da Engenharia e da Agronomia CONTECC. Maceió – Alagoas, 2018.

GOMES, I.A.; MEDEIROS, P.G.P.; GRILLO, M.B.; **Secador Solar de Frutas: Análise de Dois Sistemas**. Campina Grande-PB, 2015. Universidade Federal de Campina Grande, Centro de Tecnologia, Departamento de Engenharia Mecânica.

GUPTA, Shilpi; COX, Sabrina; ABU-GHANNAM, Nissreen. **Effect of different drying temperatures on the moisture and phytochemical constituents of edible brown seaweed**. LWT-Food Science and Technology, v. 44, n. 5, p. 1266-1272, 2011.

LIMA, Maria Gabriela. **Estudo de um pré-tratamento ao processo de secagem convencional por desidratação osmótica, no âmbito da valorização de maçã de baixo calibre**. 2017. Tese de Doutorado.

LUCAS, R.F. **PRODUÇÃO NACIONAL DE MAÇÃS**. Disponível em :<<http://www.revistacampoenegocios.com.br/producao-nacional-de-macas/>> Acesso em: 25 Set. 2018.

MARTINS, G.M.V.; Alves, F.M.S.; Sousa, S. de.; Canuto, M.F.S.C.; Cartaxo Neta, A. M.A. **Cinética de Secagem da Acerola (Malpighia Emarginata D.C.) pelo Método Foam** – Mat. Congresso Brasileiro de Engenharia Química. Fortaleza, CE. 2016.

NEGRI, T. C. **Valor nutricional de frutas nativas e exóticas do Brasil**. 2016. Disponível em: <<http://www.uel.br/revistas/uel/index.php/biosaude/article/view/27615/20445>> Acessado em 08 de outubro de 2018.

NESPOLO, C. R.; OLIVEIRA, F.A.; PINTO, F. S.T.; OLIVEIRA, F.C. 2015. **Práticas em tecnologia de alimentos**. Porto Alegre: Artmed.

OLIVEIRA, F. I. P. **Influência do pré-tratamento ultrassom e desidratação osmótica na secagem, cor, textura e enzimas do mamão formosa**. 2014. Disponível em: <http://www.repositorio.ufc.br/bitstream/riufc/11031/1/2015_tese_fipoliveira.pdf> Acesso em 08 de outubro.

PANCHARIYA, P. C.; POPOVIC, D.; SHARMA, A. L. **Thin-layer modeling of black teadry in process**. *Journal of Food Engineering*, 2002.

PETRI, J. L.; LEITE, G. B. *Revista Brasileira de Fruticultura*, v. 30, n. 4 p. 857- 1166. Disponível em: http://www.scielo.br/pdf/rbf/v30n4/en_a02v30n4.pdf, acessado em Junho de 2016. Jaboticabal, Brasil, 2008.

PONTES, Sylvania Farias Oliveira et al. **Determinação das curvas de secagem em camada delgada de pimenta de cheiro (Capsicum chinense) a diferentes temperaturas**. *Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais*, v. 11, n. 2, p. 143-148, 2009.

SANTOS JR, H. C. M.; Rocha, A. A.; Neto, M. A. B.; Reis, L. C. C.; Chaves, M. A. **Influence of Temperature on Fuji Apple Drying Kinetics**. IV Congresso Mineiro de Engenharia de Alimentos. 2018.

SILVA, A. S., MELO, K. S., ALVES, N. M. C., FERNANDES, T. K. S., & FARIAS, P. A. (2009). **Cinética de secagem em camada fina da banana maçã em secador de leito fixo**. *Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais*, 11 (2), 129-136.

SILVEIRA, Gustavo Saraiva; LOBATO, Fran Sérgio. **Estimação de parâmetros em Equações Constitutivas para a determinação da cinética de secagem da maçã usando Otimização Robusta e o Algoritmo de Evolução Diferencial (2017)**.

The Weather Channel. Disponível em: <<https://weather.com/pt-BR/clima/hoje//BRXX3637:1:BR>>. Acesso em 18 de setembro de 2018.