

Contração volumétrica da Uva 'Itália'

Volumetric contraction of 'Itália' Grape

Edilene Alves Ferreira¹, Acácio Figueiredo Neto², Marylia de Sousa Costa³, Josenara Daiane de Souza Costa⁴, Bruno Emanuel Souza Coelho⁵, David Yuri de Melo Nunes Morais⁶

RESUMO: A desidratação de frutas é um mercado promissor e pouco explorado no Brasil. Um dos principais problemas da remoção da água das frutas é a perda de qualidade em função das alterações estruturais, por conta do elevado teor de água. Objetivou-se neste trabalho analisar a contração volumétrica durante a secagem de bagas de uva 'Itália'. Os frutos foram submetidos à secagem em condições controladas de temperaturas (60 e 70 °C) até atingir teor de umidade final de equilíbrio do ar. Foram construídas as curvas de secagem, determinadas propriedades físicas, o índice de contração volumétrica e o ajuste de modelos matemáticos às curvas de secagem e de contração volumétrica. O tempo de secagem perdurou 38 e 48 horas para as temperaturas de 60 e 70 °C, quando atingiram teores de umidade próximos a 20% (base seca). Houve maior contração volumétrica das bagas sob temperatura de 70 °C. O modelo matemático que melhor se ajustou à análise de contração volumétrica a 60 °C foi o modelo de Corrêa *et al.* (2011) e o de exponencial a 70 °C.

Palavras-chave: Armazenamento. Desidratação. Perda de água. *Vitis vinifera L.*

ABSTRACT: Fruit dehydration is a promising and little explored market in Brazil. One of the main problems with water removal from fruits is the loss of quality of altered functions due to the high water content. The objective of this work is to analyze the volumetric contraction during drying of 'Itália' grape berries. The fruits were submitted to drying under controlled temperature conditions (60 and 70 °C) until reaching the final moisture content in air equilibrium. Drying curves, composition variables, volumetric shrinkage index and fit of mathematical models such as drying curves and volumetric shrinkage were constructed. Drying time lost 38 and 48 hours at temperatures of 60 and 70 °C when moisture content reaches close to 20% (dry drought). There was greater volumetric contraction of the luggage under a temperature of 70 °C. The mathematical model that best fits a volumetric contraction analysis at 60 °C as the model by Corrêa *et al.* (2011) and the exponential at 70 °C.

Keywords: Dehydration. Storage. *Vitis vinifera L.* Water loss.

Autor correspondente:

Bruno Emanuel Souza Coelho: souza.coelho.18@gmail.com

Recebido em: 14/12/2019

Aceito em: 24/04/2020

INTRODUÇÃO

A uva (*Vitis sp.*) é uma das frutas mais consumidas no mundo, seja na forma *in natura* ou processada. É uma fruta rica em compostos fenólicos, sendo que as antocianinas e os glicosídeos de flavonóis estão entre os compostos mais estudados nessa fruta por apresentarem atividade antioxidante e propriedades anti-inflamatórias e anticancerígenas, além de atribuir características sensoriais à fruta (ARENHART; FOGAÇA, 2015).

De acordo com o IBGE (2018), o Brasil é destaque na produção de uvas de mesa, em 2017 foi responsável pela produção de 1.680.020 toneladas, sendo que grande parte desse total (444.958 toneladas) foi produzida no Nor-

¹ Mestranda em Engenharia Agrícola pela Universidade Federal da Grande Dourados (UFGD), Engenharia Agrícola e Ambiental (UNIVASF) campus Juazeiro (BA), Brasil.

² Doutorado em Engenharia Agrícola (UFV/UFCG). Professor Adjunto da Universidade Federal do Vale do São Francisco (UNIVASF), campus Juazeiro (BA), Brasil.

³ Programa de Pós-graduação em Engenharia Agrícola, Universidade Federal de Campina Grande (UFCG), Centro de Ciências e Tecnologia Campus I, Campina Grande (PB), Brasil.

⁴ Doutoranda em Engenharia Agrícola pela Universidade Federal de Campina Grande (UFCG). Professora do Instituto Federal do Piauí (IFPI), campus Valença do Piauí (PI), Brasil.

⁵ Universidade Federal do Vale do São Francisco (UNIVASF), Brasil.

⁶ Professor Substituto - Colegiado de Engenharia Civil - UNIVASF. Mestrando no Programa de Pós-Graduação em Dinâmicas de Desenvolvimento do Semiárido (PPGDiDeS) - UNIVASF, campus Petrolina (PE), Brasil.

deste, concentrando-se no submédio do Vale do São Francisco, e na Região Integrada de Desenvolvimento Econômico de Petrolina (PE) e Juazeiro (BA).

A uva é a segunda cultura de maior importância do Vale do Submédio São Francisco, uma vez que a área plantada com videira na região corresponde a cerca de 11.500 ha, superada apenas pela cultura da manga, a qual abrange uma área aproximada de 30.000 ha (LOPES; OLIVEIRA, 2014).

O Vale do São Francisco responde por grande das exportações brasileiras de uvas finas de mesa, fazendo com que o Brasil alcançasse a 6ª colocação no *ranking* de produção entre 2016 e 2017, o que representa aproximadamente 4,4% da produção mundial e demonstra sua importância para a balança comercial do agronegócio brasileiro, exercendo um papel social relevante para a região (USDA, 2017).

Com o aumento das exportações nessa região buscou-se aprimorar a qualidade das uvas produzidas, a fim de atender as exigências dos mercados importadores (RIBEIRO *et al.*, 2014). Entretanto, uvas que não oferecem o arquétipo exigido são destinadas ao mercado interno, como é o caso da uva 'Itália' (*Vitis vinifera L.*) por apresentar sementes (COSTA *et al.*, 2015), e apesar disso, ocorre a geração de excedentes de produção, que normalmente são comercializados com preço baixo, ou perdidos (CARVALHO *et al.*, 2019).

O aproveitamento dos excedentes para produção de uvas passas auxilia na redução dessas perdas, e reduz a dependência desse produto, já que o Brasil é o maior importador de uvas passas dos países americanos, dependendo quase que exclusivamente de produtos importados (COSTA *et al.*, 2015).

A desidratação de frutas é um mercado promissor e com grande potencial de crescimento e ainda pouco explorado no Brasil. Esse processo consiste na remoção de água com uso do calor, e tem por objetivo aumentar a estabilidade do produto, reduzindo a atividade enzimática e microbiana, além de concentrar nutrientes, conferir ao produto final características sensoriais próprias e preservar ao máximo o seu valor nutricional (MACHADO *et al.*, 2015).

Quando desidratadas, as frutas se contraem diferentemente nas direções longitudinal, tangencial e radial. E isso resulta em mudanças nas dimensões do produto, e alterações nas principais propriedades físicas desses produtos, promovendo também a perda de qualidade (FILHO *et al.*, 2015; OLIVEIRA *et al.*, 2014).

O encolhimento é o principal fenômeno físico resultante da secagem de frutas e hortaliças, em função do alto teor de água. Com isso, é necessário levar em consideração o processo de secagem, visto que pode resultar produtos com volumes diferentes e, dessa forma, a obtenção da cinética de secagem e de contração em diferentes temperaturas, e teores de água, é de suma importância para o conhecimento das propriedades físicas do produto (FILHO *et al.*, 2015).

Considerando a importância e a variabilidade existentes nas propriedades físicas dos produtos agrícolas, e necessidade de geração de informação técnica que possibilite o dimensionamento de equipamentos para o processamento e armazenamento, este trabalho foi realizado com o objetivo de caracterizar as propriedades da uva cv. Itália ao longo do processo de secagem, bem como avaliar a contração volumétrica durante a secagem, ajustando modelos matemáticos aos valores experimentais, em temperaturas de 60 e 70 °C.

2 MATERIAL E MÉTODOS

Foram utilizadas uvas cv. Itália, oriundas da fruticultura irrigada do Vale do São Francisco. Visando garantir a uniformidade, as uvas utilizadas foram adquiridas da mesma propriedade, e lote, estágio de maturação (maduro), com formato elíptico, e sem ausência de danos físicos e mecânicos.

Antes da desidratação, os cachos de uva foram previamente sanitizados em solução de hipoclorito de sódio a 100 ppm por 15 minutos. Dez bagas de cada cacho foram desengaçadas e dispostas sobre uma bandeja de aço inox com dimensão de 15 x 20 cm.

Para realizar a secagem utilizou-se uma estufa de circulação forçada de ar, com fluxo de aproximadamente 3.4 ms^{-1} . Foram utilizadas duas temperaturas de secagem: 60 e 70 °C. Durante a secagem, as propriedades físicas foram monitoradas; através do peso e massa a cada duas horas.

Os teores de água (% U.bu) inicial do produto foram determinados por gravimetria, utilizando método padrão descrito por IAL (2008), que consiste em secagem direta em estufa, a temperatura de $105 \pm 1 \text{ °C}$ durante 24h, até a massa atingir peso constante.

A forma e o tamanho das bagas, considerados esferóides, foram analisados pela esfericidade, circularidades e volume, a partir das medidas em dez bagas das dimensões características, eixos ortogonais (Figura 1), obtidas por meio de um paquímetro digital com precisão de 0,01 mm.

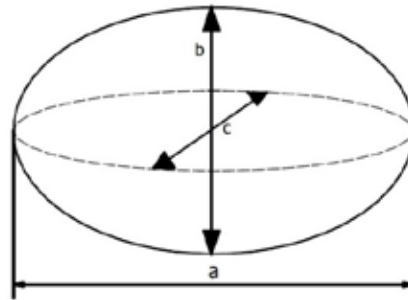


Figura 1. Desenho esquemático da baga de uva 'Itália', considerada como um esferoide prolato. Onde: a: comprimento correspondente ao eixo maior, mm; b: largura correspondente ao eixo médio, mm; c: espessura correspondente ao eixo menor, mm.

A determinação do volume (Equação 1), esfericidade (Equação 2), circularidade (Equação 3) e diâmetro geométrico (Equação 4) dos frutos foram obtidos através das equações a seguir, propostas por Mohsenin (1986).

$$V = \frac{\pi * a * b * c}{6} \quad \text{Eq. (1)}$$

$$E(\%) = \frac{(a * b * c)^{1/3}}{a} * 100 \quad \text{Eq. (2)}$$

$$C(\%) = \frac{D_i}{D_c} * 100 \quad \text{Eq. (3)}$$

$$D(\%) = (a * b * c)^{1/3} \quad \text{Eq. (4)}$$

Onde V: volume da uva, mm^3 ; a: maior eixo da uva, mm; b: eixo médio da uva, mm; c: menor eixo da uva; Es: esfericidade, %; Cr: circularidade, %; di: diâmetro do maior círculo inscrito, mm; dc: diâmetro do menor círculo circunscrito, mm; D: diâmetro geométrico, mm.

O índice de contração volumétrica foi obtido através da Equação 5, proposta por Monhsenin (1986).

$$\Psi_g = \frac{V(t)}{V_0} \times 100 \quad \text{Eq. (5)}$$

Onde Ψ_g = Índice de contração volumétrica decimal; $V(t)$ = Volume no instante (t), em m³; V_0 = Volume inicial em m³.

As curvas de contração volumétrica foram ajustadas de acordo com os modelos matemáticos expressos no Quadro 1.

Quadro 1. Modelos matemáticos utilizados para simular os índices de contração volumétrica unitária de uva ‘Itália’

Modelo	Equação	Referências
Bala e Woods modificado	$\Psi_g = 1 - a\{1 - \exp[-a(U_0 - U)]\}$	Bala e Woods (1984).
Exponencial	$\Psi_g = a \exp(bU)$	Gonelli <i>et al.</i> (2011).
Linear	$\Psi_g = a + bU$	Gonelli <i>et al.</i> (2011).
Polinomial	$\Psi_g = a + bU + cU^2$	Gonelli <i>et al.</i> (2011).
Corrêa	$\Psi_g = \frac{1}{a + b \exp(U)}$	Côrrea <i>et al.</i> (2011).

Onde: contração volumétrica unitária, decimal; U: teor de água, (%b.s.); U_0 : teor de água inicial, (b.s.); a, b, c: parâmetros que dependem do produto; β : coeficiente de contração volumétrica, adimensional.

318

Os modelos matemáticos foram ajustados por meio de análise de regressão não linear e linear pelo modelo de Gauss-Newton, utilizando o *software Statistica 7.0*® pelo método Quasi-Newton. A escolha do modelo que melhor se ajustou foi realizada em função do coeficiente de determinação (R^2), a magnitude do erro médio relativo (P), e do erro padrão da estimativa (SE), que foram obtidos através das seguintes equações:

$$P = \frac{100}{n} \sum_{i=1}^n \left(\frac{|Y - Y_i|}{Y} \right) \quad \text{Eq. (6)}$$

$$SE = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (Y - Y_i)^2}{GLR}} \quad \text{Eq. (7)}$$

Onde n: número de observações experimentais; Y: valor observado experimentalmente; Y_i : valor calculado pelo modelo; GLR: graus de liberdade do modelo.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Tabela 1 são apresentadas as dimensões avaliadas durante o processo de secagem e o comportamento geométrico promovido pelo processo de remoção de água.

Em temperatura de 60 °C ocorreu uma redução de 15, 27 e 83% respectivamente para o comprimento, largura e eixo menor das bagas de uva, observa-se também decréscimo na circularidade, esfericidade e diâmetro geométrico em decorrência da redução do teor de água.

Tabela 1. Dimensões médias dos eixos (a, b e c) ortogonais da uva 'Itália' e respectivos índices de redução (a/a_0 , b/b_0 e c/c_0), diâmetro geométrico (D), esfericidade (E) e circularidade (C) em função da redução do teor de água durante a secagem a 60 °C

Teor de água (% Ub.u.)	Eixos ortogonais (mm)			a/a_0	b/b_0	c/c_0	D (%)	E (%)	C (%)
	A	B	C						
0,82	28,27	21,19	20,69	1,00	1,00	1,00	23,1	81,9	75,0
0,809	26,07	20,14	19,36	0,92	0,95	0,94	21,7	83,1	77,2
0,797	25,90	19,22	18,69	0,92	0,91	0,90	21,0	81,2	74,2
0,784	25,73	18,28	17,62	0,91	0,86	0,85	20,2	78,7	71,1
0,769	25,58	16,40	15,31	0,90	0,77	0,74	18,6	72,7	64,1
0,759	25,48	17,44	14,21	0,90	0,82	0,69	18,5	72,5	68,4
0,745	25,06	16,62	12,76	0,89	0,78	0,62	17,4	69,6	66,3
0,733	24,66	16,44	11,54	0,87	0,78	0,56	16,7	67,8	66,7
0,714	24,43	16,31	9,29	0,86	0,77	0,45	15,5	63,3	66,8
0,693	24,40	16,03	9,80	0,86	0,76	0,47	15,6	64,2	65,7
0,665	24,54	15,71	8,14	0,87	0,74	0,39	14,6	59,6	64,0
0,621	24,24	15,27	7,45	0,86	0,72	0,36	14,0	57,9	63,0
0,560	23,85	15,82	6,09	0,84	0,75	0,29	13,2	55,3	66,3
0,516	23,86	15,51	5,49	0,84	0,73	0,27	12,7	53,1	65,0
0,467	23,95	15,94	5,12	0,85	0,75	0,25	12,5	52,2	66,6
0,420	23,76	15,64	5,10	0,84	0,74	0,25	12,4	52,1	65,8
0,360	23,99	15,76	4,60	0,85	0,74	0,22	12,0	50,1	65,7
0,280	23,86	15,84	4,18	0,84	0,75	0,20	11,6	48,8	66,4
0,251	23,84	15,58	3,65	0,84	0,74	0,18	11,1	46,4	65,3
0,225	23,99	15,37	3,55	0,85	0,73	0,17	10,9	45,6	64,1

A uva apresenta formato esférico somente no estado *in natura*, com esfericidade maior que 75%, para ambos os tratamentos, descaracterizando seu formato de acordo com a redução do teor de água no produto.

Resultados semelhantes foram encontrados em mamona por Goneli *et al.* (2011), que verificaram redução na circularidade, esfericidade e redução de volume. Essas alterações não foram homogêneas caso bem semelhante ao comportamento da uva passa durante o processo de secagem.

Na Tabela 2 observa-se o mesmo comportamento geométrico da secagem a 70 °C, ocorrendo uma redução de 11, 29 e 80% respectivamente para o comprimento, largura e eixo menor das bagas de uva, observa-se também decréscimo na circularidade, esfericidade e diâmetro geométrico em decorrência da redução do teor de água. Segundo Fortes e Okos (1980), isso ocorre em decorrência da contração irregular em direções diferentes (longitudinal, tangencial e radial).

Observa-se uma contração de aproximadamente 90% e 87% de volume do produto, quando este é submetido a temperatura de secagem de 60 e 70 °C (Tabela 2 e 3), respectivamente com um teor de água em torno de 22 e 27 (% b.u.) quando o produto atingiu o ponto de equilíbrio higroscópico.

Tabela 2. Dimensões médias dos eixos (a, b e c) ortogonais da uva 'Itália' e respectivos índices de redução (a/a_0 , b/b_0 e c/c_0), diâmetro geométrico (D), esfericidade (E) e circularidade (C) em função da redução do teor de água durante a secagem a 70 °C

Teor de água (% Ub.u.)	Eixos ortogonais (mm)			a/a_0	b/b_0	c/c_0	D (%)	E (%)	C (%)
	a	b	c						
0,82	26,93	20,98	20,38	1,00	1,00	1,00	22,6	83,8	77,9
0,79	24,74	19,23	18,53	0,92	0,91	0,90	20,7	83,5	77,7
0,78	24,07	17,66	16,92	0,89	0,83	0,82	19,3	80,2	73,3
0,76	23,63	17,22	16,08	0,88	0,81	0,78	18,7	79,1	72,9
0,73	23,50	12,93	11,52	0,87	0,61	0,56	15,2	64,6	55,0
0,71	23,46	15,00	10,87	0,87	0,71	0,53	15,6	66,7	63,9
0,68	23,68	15,46	9,05	0,88	0,73	0,44	14,9	62,9	65,3
0,66	23,60	14,71	7,61	0,88	0,69	0,37	13,8	58,6	62,3
0,59	23,05	14,51	5,91	0,86	0,68	0,29	12,6	54,5	63,0
0,53	23,81	14,99	5,91	0,88	0,71	0,29	12,8	53,9	62,9
0,46	23,92	14,95	4,91	0,89	0,71	0,24	12,1	50,4	62,5
0,36	23,99	14,94	4,38	0,89	0,71	0,21	11,6	48,5	62,3
0,17	23,35	14,95	4,17	0,89	0,71	0,20	11,4	47,7	62,4
0,82	26,93	20,98	20,38	1,00	1,00	1,00	22,6	83,8	77,9

320

Ainda constata-se que a contração volumétrica ocorreu de forma mais intensa nas primeiras horas de secagem (Tabela 1 e 2), principalmente quando o produto foi submetido a temperatura mais elevada. A utilização de altas temperaturas na secagem de produtos agrícolas promove rápida transição do estado elástico do material para o estado vítreo promovendo uma redução na taxa de encolhimento (CORRÊA FILHO *et al.*, 2015).

Sousa *et al.* (2014), ao estudarem a cinética de secagem, contração volumétrica e análise da difusão líquida do morango, e Corrêa Filho *et al.* (2015) a cinética de secagem, contração volumétrica e análise da difusão líquida do figo, apontam que também a temperatura de secagem exerceu uma grande influência na contração do produto, resultando maiores contrações volumétricas dos produtos em estudo.

Houve maior taxa de contração volumétrica em temperatura de 70 °C (Figura 2). De acordo com Paglarini *et al.* (2012) e Filho *et al.* (2015), tal fato pode ter justificado a maior redução do teor de água em maiores temperaturas, onde a transição do estado elástico do material para o estado vítreo ocorre com maior velocidade, arremetendo a uma redução na taxa de encolhimento.

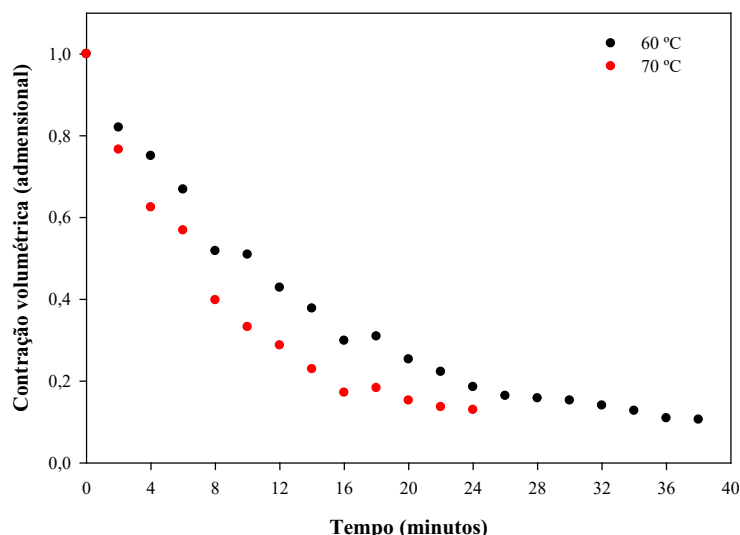


Figura 2. Valores observados da contração volumétrica para a uva 'Itália' em função do tempo para as temperaturas estudadas.

O modelo que melhor se ajustou para secagem a 60 °C foi o de Corrêa *et al.* (2011), e para temperatura de 70 °C foi o modelo exponencial, ambos com erro padrão menor do que 10% (Tabela 4), o que é o recomendável segundo Mohapatra e Rao (2005).

Observa-se através da Figura 2 que; o aumento de temperatura contribuiu para a redução do tempo de secagem. O tempo de secagem para que se alcançasse peso constante foi aproximadamente de 24 e 38 horas para as temperaturas de 70 e 60 °C, respectivamente. Leite *et al.* (2015), ao estudarem a contração volumétrica e cinética de secagem de fatias de banana variedade Terra, também constataram a redução do tempo de secagem com o aumento da temperatura.

O teor de umidade final para a uva 'Itália' foi de 19,78 e 28,95% (b.s) para as temperaturas de 70 e 60 °C, respectivamente. Com isso, constata-se que o aumento da temperatura resultou maior perda de água, comportamento semelhante ao relatado por Araújo *et al.* (2017), ao estudarem a secagem dos frutos de amendoim em camada delgada em diferentes temperaturas.

Tabela 3. Constantes do modelo Polinomial e os valores do coeficiente de determinação (R^2 , %), erro médio estimado (SE, adimensional) e relativo (P, %) dos modelos ajustados às curvas de contração volumétrica da uva 'Itália' desidratada em temperaturas de 60 e 70 °C

Temperatura (°C)	Modelo	SE	P (%)	R^2	a	b	c
60	Bala e Woods modificado	0,026	8,912	0,991	0,858	14,543	-
	Exponencial	0,073	35,584	0,908	0,001	7,884	-
	Linear	0,145	48,272	0,638	-0,025	0,173	-
	Polinomial	0,103	30,935	0,865	0,764	-3,480	4,244
	Côrrea	0,025	4,947	0,992	19,738	-8,268	-
70	Bala e Woods modificado	0,045	11,192	0,975	1,024	0,492	-
	Exponencial	0,044	10,390	0,977	0,093	0,535	-
	Linear	0,128	39,221	0,869	-0,048	0,195	-
	Polinomial	0,039	7,517	0,984	0,155	-0,067	0,058
	Côrrea	0,089	27,262	0,975	1,024	0,492	-

Na Figura 3 encontram-se as cinéticas de contração da uva 'Itália' em função do tempo de secagem para as temperaturas de 60 e 70 °C. Verificou-se, pela correspondência entre os valores experimentais e estimados, ajuste satisfatório dos modelos para a descrição do fenômeno.

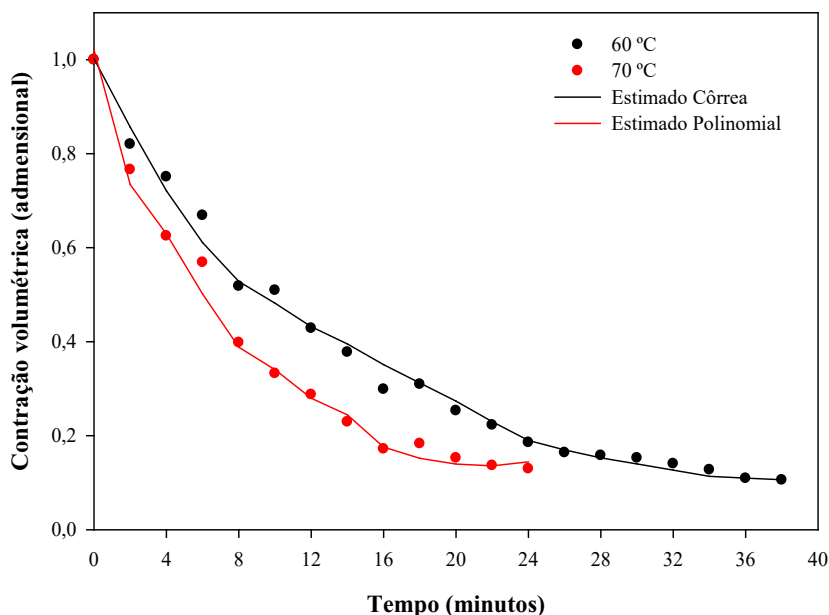


Figura 3. Valores observados da contração volumétrica para a uva 'Itália' em função do tempo para as temperaturas estudadas.

322

Expressões quadráticas são frequentemente descritas como viáveis para a modelagem da contração volumétrica de produtos agrícolas durante a secagem, como: soja (BOTELHO *et al.*, 2018); figo (CORRÊA FILHO *et al.*, 2015); mamona (GONELI *et al.*, 2011). Entretanto, no presente estudo, a expressão polinomial e o modelo de Córrea melhor se ajustaram para representar o fenômeno em análise.

4 CONCLUSÃO

O tempo necessário para a secagem da uva 'Itália' até o teor de água de aproximadamente 20% (base seca) foi de 38 e 24 horas para as temperaturas de 60 e 70 °C, respectivamente.

Para a predição das curvas de contração volumétrica, em temperatura de 60 °C foi o modelo de Corrêa *et al.* (2011) que apresentou o melhor ajuste, enquanto que para a temperatura de 70 °C foi o modelo exponencial.

REFERÊNCIAS

ARAÚJO, W. D.; GONELI, A. L. D.; CORRÊA, P. C.; HARTMANN FILHO, C. P. Modelagem matemática da secagem dos frutos de amendoim em camada delgada. *Revista Ciência Agronômica*, v. 48, n. 3, p. 448-457, 2017.

ARENHART, M.; FOGAÇA, A. O. Influência da cor e dos compostos fenólicos sobre a capacidade antioxidante de vinhos tintos gaúchos. *Disciplinarum Scientia*, v. 16, p. 113-123, 2015.

BALA, B. K.; WOODS, J. L. Simulation of deep bed malt drying. *Journal of Agricultural Engineering Research*, 30, n. 3, p. 235-244, 1984.

- BOTELHO, F. M.; HAUTH, M. R.; HOSCHER, R. H.; BOTELHO, S. C. C. Modelagem matemática da contração volumétrica de grãos de soja durante o processo de secagem. **Revista Engenharia na Agricultura**, v. 26, n. 1, p. 1-12, 2018.
- CARVALHO, B. M. L.; NOGUEIRA, F. D. D.; SOUZA, K. R. B. Supply management of the production of seedlings: a case study. **Brazilian Journal of Development**, v. 5, n. 1, p. 106-117, 2019.
- CORRÊA FILHO, L. C.; ANDRADE, E. T.; MARTINAZZO, A. P.; DANDREA, E. M.; SOUSA, F. A.; FIGUEIRA, V. G. Cinética de secagem, contração volumétrica e análise da difusão líquida do figo (*Ficus carica* L.). **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 19, n. 8, p. 797-802, 2015.
- 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**, v. 31, n. 4, p. 716-726, 2011.
- FORTES, M.; OKOS, M. R. Changes physical properties of corn during drying. **Transactions of the ASAE**, v. 23, n. 4, p. 1004-1008, 1980.
- GONELI, A. L. D.; CORRÊA, P. C.; MAGALHÃES, F. E. A.; BAPTESTINI, F. M. Contração volumétrica e forma dos frutos de mamona durante a secagem. **Acta Scientiarum. Agronomy**, v. 33, p. 1-8, 2011.
- IAL - Instituto Adolfo Lutz. **Métodos físico-químicos para análise de alimentos**. 4. ed. 2008. 1020p.
- IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Produção Agrícola Municipal Anual 2018**. Disponível em: [http://ftp.ibge.gov.br/Producao_Agricola/Producao_Agricola_Municipal_\[anual\]/2018/tabelas_pdf/tabela04.pdf](http://ftp.ibge.gov.br/Producao_Agricola/Producao_Agricola_Municipal_[anual]/2018/tabelas_pdf/tabela04.pdf). Acesso em: 27 nov. 2018.
- LEITE, A. L. M. P.; SILVA, F. S.; PORTO, A. G.; PIASSON, D.; SANTOS, P. Contração volumétrica e cinética de secagem de fatias de banana variedade Terra. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 45, n. 2, p. 155-162, 2015.
- LOPES, P. R. C.; OLIVEIRA, I. V. M. **O Cultivo da pereira no Vale do São Francisco**. Embrapa Semiárido (Nota técnica), 2014.
- MACHADO, A. V.; SOUSA, J. A.; NOVAES, R. S. Estudo cinético da secagem da uva Isabel para produção de uva passa. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v. 10, n. 1, p. 47-51, 2015.
- 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.
- MOHSENIN, N. N. **Physical properties of plant and animal materials**. New York: Gordon and Breach Publishers, 841p. 1986.
- OLIVEIRA, D. E. C.; RESENDE, O.; MENDES, U. C.; SMANIOTTO, T. A. S.; DONADON, J. R. Modelagem da contração volumétrica do feijão-adzuki durante a secagem. **Científica**, v. 42, n. 1, p. 23-31, 2014.
- PAGLARINI, C. S.; SILVA, F. S.; PORTO, A. G.; SANTOS, P.; PIASSON, D. Estudo do fenômeno de encolhimento no processo de secagem de fatias de abacaxi pérola. **Enciclopédia Biosfera**, v. 8, n. 14, p. 1914-1926, 2012.
- RIBEIRO, T. P.; LIMA, M. A. C.; SOUZA, S. O.; ARAÚJO, J. L. P. Perdas pós-colheita em uva de mesa registradas em casas de embalagem e em mercado distribuidor. **Revista Caatinga**, v. 27, n. 1, p. 67-74, 2014.
- SOUZA, F. A.; ANDRADE, E. T.; FIGUEIRA, V. G.; D'ANDREA, E. M.; CORRÊA FILHO, L. C. Estudo da cinética de secagem, contração volumétrica e análise da difusão líquida do morango (*Fragaria* sp.). **Engvista**, v. 16, n. 1, p. 8-18, 2014.
- USDA - United States Department of Agriculture Foreign Agricultural Service. **Fresh deciduous fruit: World Markets and Trade (Apples, Grapes, and Pears)**, 2017.