

VARIAÇÃO VOLUMÉTRICA DOS GRÃOS DE FEIJÃO EM FUNÇÃO DA ABSORÇÃO DE ÁGUA

Reni Saath¹; Golbery Rudolf Oliveira Rodrigues²; Josiane Turato Silva Pereira²; Luís Henrique Limoni²; Karina Coradi Tonon²

¹Professora do Curso de Agronomia – Faculdades Integradas de Bauru – FIB – reniagricola@yahoo.com.br

²Aluno do Curso de Agronomia – Faculdades Integradas de Bauru - FIB – golberyoliveira@terra.com.br;

²Aluna do Curso de Agronomia – Faculdades Integradas de Bauru - FIB – josi_tsp@yahoo.com.br;

²Aluno do Curso de Agronomia – Faculdades Integradas de Bauru - FIB – luislimoni@hotmail.com;

²Aluna do Curso de Agronomia – Faculdades Integradas de Bauru - FIB – karina@zootecnista.com.br

Apresentado no

XLIV Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola - CONBEA 2015

13 a 17 de setembro de 2015- São Pedro – SP, Brasil.

RESUMO: Considerando-se que as alterações no tamanho dos grãos podem influenciar no dimensionamento de equipamentos e sistemas para colheita e/ou pós-colheita, este trabalho objetivou avaliar a variação volumétrica dos grãos de feijão em duas cultivares durante a embebição em seis temperaturas. Utilizou-se o delineamento inteiramente casualizado, em esquema fatorial 2 x 6, com quatro repetições. À obtenção da absorção de água nos grãos até a umidade de saturação, grãos (30 g) acondicionados em copos de polipropileno e imersos em água destilada (100 mL) foram submetidos à embebição nas temperaturas de 15, 20, 25, 30, 35, 40°C ($\pm 1^\circ\text{C}$); a cada hora sendo retirados do recipiente e depositados sobre papel toalha por dois minutos para eliminação da água superficial e pesados. A temperatura da solução influenciou a expansão volumétrica e o tempo à saturação dos grãos de feijão. Com a absorção de água, enquanto a forma dos grãos de feijão alterou regularmente com a expansão volumétrica, os valores da massa específica dos grãos diminuíram com a absorção de água até a saturação, e nos valores dos eixos ortogonais na direção radial e axial, da esfericidade e da circularidade dos grãos houve variação distinta. Os valores de massa específica dos grãos de feijão foram inversamente proporcionais aos teores de água.

PALAVRAS-CHAVE: Densidade, eixos ortogonais, *Phaseolus vulgaris* L.

VOLUMETRIC VARIATION OF THE BEAN GRAINS AS AFFECTED BY WATER ABSORPTION

ABSTRACT: Considering what the changes in grain size can influence the design of equipment and systems for harvesting and/or post-harvest, this study aimed to evaluate the volumetric variation of the beans in two cultivars during soaking in six temperatures. We used a completely randomized design, factorial 2 x 6, with four replications. To obtain the absorption of water by the grains to moisture saturation, grain (30 g) packed in polypropylene cups and immersed in distilled water (100 ml) were subjected to soaking at temperatures of 15, 20, 25, 30, 35 40 ° C ($\pm 1^\circ\text{C}$); every hours were removed from the container and deposited on paper towel for two minutes for elimination of surface water prior to weighing. The solution temperature influenced the volume expansion and the time to saturation of beans. With water absorption, while the form of the beans regularly change with volume expansion, the grain density values decreased with water absorption to saturation, and distinct variation in the orthogonal axes in the radial and axial direction, in the shape grains (sphericity and roundness). The values of bulk density bean seeds were inversely proportional to the water content.

KEYWORDS: Density, orthogonal axes, *Phaseolus vulgaris* L.

INTRODUÇÃO: O feijão com fonte de proteína, juntamente com o arroz, é a base nutricional dos brasileiros. Suprimindo, por vezes, a carne e produtos proteicos na alimentação (JESUS et al., 2013). As alterações nas propriedades físicas dos grãos durante secagem em função da redução de umidade e

movimentação do ar têm sido amplamente estudadas (OLIVEIRA et al., 2011; RESENDE et al., 2005/2008); condições de secagem e a geometria do grão influenciam na massa específica nos grãos (CORRÊA et al., 2006) e na contração volumétrica (KOÇ et al., 2008), de forma heterogênea (KHRAISHEH et al., 2004). Por sua vez, a absorção de água causa expansão e diferenças no aumento de volume dos grãos (BAYRAM; ONER; KAYA, 2004), devido à temperatura de imersão (MENDES et al., 2011) e a eficiência dos processos esta associada ao conhecimento sobre a alteração nos grãos (AMIN; OSSAIN; ROY, 2004). Mesmo intacto e na forma original, informações relacionadas às variações das características dos grãos de feijão em função da absorção de água durante sua reidratação pode constituir-se ferramenta, tanto para aprimorar os processos pós-colheita, como na orientação e definição de tecnologias na condução da cultivar pelos agricultores e consumidores.

MATERIAL E MÉTODOS: Grãos de feijão proveniente do campo experimental das Faculdades Integradas de Bauru, com teor de água em base úmida (bu) 11,5% (Cultivar A) e 10,2% (Cultivar B) determinada pelo método de estufa, durante 24 horas a $105 \pm 1^\circ\text{C}$ (BRASIL, 2009) foram reidratados até total saturação em solução nas temperaturas de 15, 20, 25, 30, 35, 40°C ($\pm 1^\circ\text{C}$). Grãos (30g) acondicionados em copos de polipropileno e imersos em água destilada (100 mL) foram submetidos à embebição e a cada hora retirados do recipiente e depositados sobre papel toalha por dois minutos para eliminação da água superficial antes da pesagem. Utilizou-se o delineamento inteiramente casualizado, em esquema fatorial 2×6 , com quatro repetições, na determinação da variação das dimensões e expansão volumétrica durante a absorção de água dos grãos conforme descrita por Jesus et al. (2013).

RESULTADOS E DISCUSSÃO: A absorção de água pelo grão sujeito a processos de hidratação, em geral, aumenta com a elevação da temperatura e diminuição do tempo de imersão. Analisando os dados, confirma-se que o teor de água (bu) de saturação aumenta com a elevação das temperaturas de imersão (Figura 1).

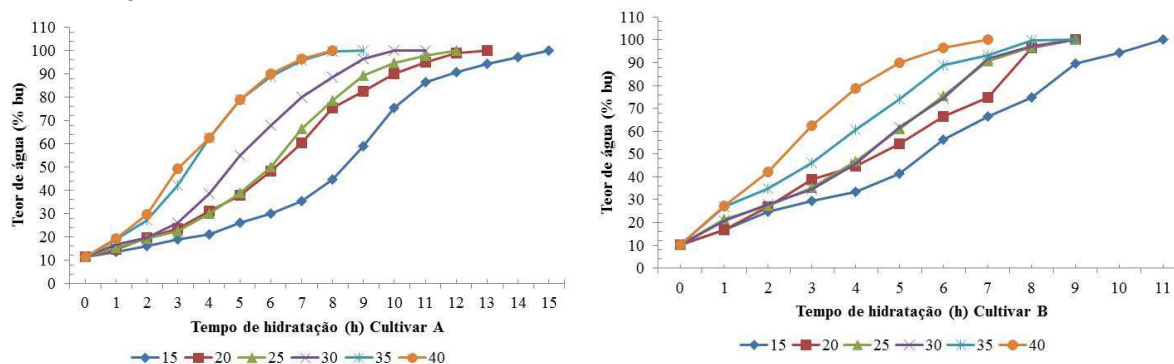


FIGURA 1. Tempo de hidratação nos grãos até a umidade de saturação nas temperaturas de 15, 20, 25, 30, 35, 40°C ($\pm 1^\circ\text{C}$)

Na Tabela 1 apresentam-se os valores da taxa de expansão em g cm^{-3} e da massa específica aparente em kg m^{-3} em função da temperatura da solução de hidratação dos grãos.

TABELA 1. Valores médios da taxa de expansão volumétrica e da massa específica aparente dos grãos de feijão após sua saturação em água nas temperaturas de 15, 20, 25, 30, 35, 40°C ($\pm 1^\circ\text{C}$).

Temperatura ($^\circ\text{C}$)	15	20	25	30	35	40	Média
Taxa de expansão volumétrica (g cm^{-3})							
Cultivar A	0,639 aB	0,643 aB	0,659 aB	0,698 aA	0,671 aA	0,686 aA	0,666
Cultivar B	0,521 bB	0,517 bB	0,545 bB	0,568 bA	0,579 bA	0,586 bA	0,553
Massa específica aparente (kg m^{-3})							
Cultivar A	757,06 aA	755,96 aA	753,06 aA	753,46 aA	743,16 aB	727,21 aC	748,32
Cultivar B	748,99 bA	745,79 bA	743,98 bA	738,93 bB	726,82 bC	724,19 aC	738,18

Médias seguidas pelas mesmas letras minúsculas para cultivar, coluna, e maiúsculas para temperatura, linha, não diferem estatisticamente, de acordo com o teste de *Scott-Knott* ($p \leq 0,05$).

Com relação à taxa de expansão volumétrica e massa específica aparente dos grãos (Tabela 1), a cultivar **A** apresentou os maiores valores, entretanto, a variação foi similar para as duas cultivares, porém, os grãos da cultivar **B** necessitaram um menor período de tempo para atingir o grau saturação em comparação com os grãos da cultivar **A** (Figura 1). Mesmo com variação similar no aumento da taxa de expansão (Tabela 1), supõe-se que devido à espessura e impermeabilidade do seu tegumento, torna a cultivar **A** como sendo de pior qualidade culinária, pois os seus grãos requerem um maior período de tempo (Figura 1) para atingirem a saturação, mesmo recém-colhida. A cultivar **A** obteve uma taxa de expansão (g cm^{-3}) de 0,64 a 0,70, indicando um aumento no índice de expansão volumétrica de 33 a 52 % (Tabela 2), enquanto a cultivar **B** apresentou taxas (g cm^{-3}) de 0,52 a 0,59, indicando um aumento na ordem de 24 a 38 % (Tabela 2).

TABELA 2. Valores médios dos índices de expansão ($a a_0^{-1}$, $b b_0^{-1}$ e $c c_0^{-1}$), as circularidades segundo o maior eixo (C_1), eixo médio (C_2) e menor eixo (C_3), e a esfericidade (E) dos grãos de feijão.

Temperatura (°C)	Tempo (h)	Umidade (% bu)	Cultivar A						Cultivar B								
			Índices de expansão (%)			Circularidades (%)			Esfericidade (%)	Umidade (% bu)	Índices de expansão (%)			Circularidades (%)			Esfericidade (%)
			$a a_0^{-1}$	$b b_0^{-1}$	$c c_0^{-1}$	C_1	C_2	C_3			$a a_0^{-1}$	$b b_0^{-1}$	$c c_0^{-1}$	C_1	C_2	C_3	
15	0	11,5	100,0	100,0	100,0	56,09	40,43	72,08	64,9	10,2	100,0	100,0	100,0	62,76	51,77	82,49	68,77
15	2	16,1	100,5	99,5	104,4	55,53	42,08	75,78	62,5	24,9	107,8	86,19	93,39	62,94	50,84	80,77	68,37
15	4	21,2	101,8	96,8	104,1	53,14	41,23	77,59	60,7	33,6	110,0	87,31	94,61	63,54	51,30	80,73	68,79
15	6	29,9	107,6	102,0	110,4	53,11	41,54	78,22	60,4	56,3	112,0	89,76	93,05	63,60	49,14	77,27	67,86
15	8	44,5	115,7	107,8	117,0	52,14	40,92	78,49	59,8	74,8	112,8	92,57	95,53	64,59	49,64	76,86	68,44
15	10	75,4	122,3	110,0	120,9	50,33	40,04	79,57	58,6	94,5	120,0	100,0	100,0	62,27	45,67	73,34	67,59
15	12	90,6	126,7	112,0	121,8	49,52	38,86	78,46	57,7	100,0	124,3	100,0	100,0	61,54	45,92	74,62	65,59
15	14	97,0	132,5	112,8	123,4	47,68	37,68	79,03	56,4								
15	15	100,0	133,6	115,0	124,5	48,15	37,64	78,17	56,6								
20	0	11,5	100,0	100,0	100,0	56,09	40,43	72,08	64,9	10,2	100,0	100,0	100,0	62,76	51,77	82,49	68,77
20	2	19,6	100,1	101,5	100,3	60,03	44,56	74,24	64,5	26,9	113,1	91,8	94,8	38,88	29,49	75,84	61,8
20	4	31,1	103,6	102,1	102,6	58,35	44,05	75,49	63,6	44,7	118,1	89,27	94,4	64,66	51,21	79,20	68,35
20	6	48,1	112,0	106,5	106,6	56,32	42,39	75,26	62,1	66,6	124,3	90,13	94,93	63,87	50,14	78,50	67,98
20	8	75,5	119,5	110,4	112,4	59,65	41,89	70,22	63,1	96,6	120,4	94,29	97,9	70,11	49,02	69,92	67,98
20	10	90,1	124,6	113,2	119,2	53,79	42,63	79,26	61,2	100,0	123,4	100,0	100,0	62,35	43,13	69,17	68,44
20	12	100,0	143,9	118,1	127,6	47,35	37,61	79,42	56,9								
25	0	11,5	100,0	100,0	100,0	56,09	40,43	72,08	64,9	10,2	100,0	100,0	100,0	62,76	51,77	82,49	68,77
25	2	19,3	100,2	101,6	100,4	59,76	44,69	74,78	64,5	27,4	117,0	85,92	95,19	62,76	51,77	82,49	67,77
25	4	29,9	103,6	102,1	102,6	58,35	44,05	75,49	63,6	46,9	120,9	85,92	95,19	60,89	50,23	82,49	68,29
25	6	50,1	112,0	106,5	106,6	56,32	42,39	75,26	62,5	75,6	121,8	89,76	93,05	62,63	48,40	77,27	67,86
25	8	78,6	119,5	111,4	112,4	59,65	41,89	70,22	61,6	96,9	123,4	89,27	94,4	54,71	43,33	79,20	67,98
25	10	94,6	124,6	113,8	119,2	53,79	42,63	79,26	61,2	100,0	132,84	89,76	93,05	55,18	42,43	76,89	68,44
25	12	100,0	145,9	118,3	127,6	46,15	37,69	81,67	59,6								
30	0	11,5	100,0	100,0	100,0	56,09	40,43	72,08	64,9	10,2	100,0	100,0	100,0	62,76	51,77	82,49	68,77
30	2	19,5	100,2	100,9	100,4	57,99	42,53	73,33	62,9	27,9	111,2	89,27	94,4	61,22	49,33	80,58	68,35
30	4	38,4	105,1	102,7	102,2	55,77	41,28	74,01	61,3	45,9	117,1	90,13	94,93	60,74	47,89	78,84	67,98
30	6	67,7	124,1	111,2	116,1	51,61	39,75	77,02	59,8	74,6	119,3	88,92	94,4	57,97	46,18	79,66	67,86
30	8	88,6	141,2	117,1	124,5	47,85	37,51	78,39	56,4	97,1	126,3	89,76	94,93	60,78	47,79	78,63	67,86
30	10	96,5	147,3	118,6	127,8	46,36	36,81	79,40	55,9	100,0	134,24	100,0	94,93	54,44	42,68	78,40	67,98
30	11	100,0	151,4	120,8	134,4	45,95	37,68	82,00	54,9								
35	0	11,5	100,0	100,0	100,0	56,09	40,43	72,08	64,9	10,2	100,0	100,0	100,0	62,76	51,77	82,49	68,77
35	2	27,3	100,3	103,3	100,7	58,71	43,28	73,73	63,3	34,8	112,0	94,29	97,9	63,03	51,21	81,25	68,06
35	4	62,3	108,8	104,1	105,6	54,30	41,81	77,00	61,9	60,5	119,5	97,9	92,23	60,14	50,47	83,93	65,59
35	6	88,9	129,9	114,9	120,5	50,77	39,92	78,64	58,7	88,8	124,6	100	95,53	60,22	47,61	79,07	65,59
35	8	100,0	148,5	118,3	128,3	45,42	37,28	82,07	55,6	100,0	136,24	100,0	94,93	55,06	43,20	78,45	67,98
40	0	11,5	100,0	100,0	100,0	56,09	40,43	72,08	64,9	10,2	100,0	100,0	100,0	62,76	51,77	82,49	68,77
40	2	29,7	100,3	103,3	100,7	58,71	43,28	73,73	63,9	42,0	107,6	90,13	94,93	63,29	49,69	78,50	67,98
40	4	62,3	108,8	103,8	105,6	54,17	41,71	77,00	61,5	78,6	120,9	94,29	97,9	63,76	49,35	77,40	68,06
40	6	89,9	129,9	115,9	120,5	51,51	40,51	78,64	58,8	96,6	135,53	95,53	92,57	61,54	45,92	74,62	65,59
40	7	100,0	149,9	119,4	128,9	46,88	38,47	82,07	56,3	100,0	137,9	93,05	94,29	57,65	43,66	75,74	65,59

A partir de dados das dimensões (a, b, c) dos grãos, observou-se alterações não uniformes nas direções radial e axial, que foram maiores para o eixo maior do grão. A variação nas dimensões, tanto nos grãos da cultivar **A**, quanto da cultivar **B**, corroborou para a ocorrência de diferenças no índice volumétrico durante o processo de expansão nas cultivares avaliadas, bem como, na alteração nos valores de circularidade e esfericidade do grão (Tabela 2). Comparando-se os valores, identificou-se ser necessário um maior tempo de imersão até a temperatura 30°C para os grãos da cultivar **A** em relação a cultivar **B** (Tabela 2). Embora o índice de expansão volumétrica apresente valores inferiores para a cultivar **B** (124-137%) em relação a cultivar **A** (134-150%), a variação no fenômeno tem similaridade e corrobora com resultados reportados para cultivares de feijão cujos grãos foram imerso à diferentes temperaturas (MENDES; RESENDE; ALMEIDA, 2011; RESENDE et al., 2005). Essa diferença atribui-se variação genética entre as cultivares. Para Resende e Corrêa (2007), a taxa de expansão

volumétrica do grão expressa à difusão de água no seu interior. No feijão considera-se uma característica desejável, assim, em função do tempo de saturação inferior a 16 horas (Figura 1), estima-se boa aceitação no mercado. Isto porque maior taxa de expansão e volume em menor tempo de cozimento potencializa uma cultivar a aceitação pelo consumidor (CARBONELL, CARVALHO, PEREIRA, 2003 OLIVEIRA et al., 2012; RODRIGUES et al., 2005) Considerando essa hipótese, tanto a cultivar **A**, quanto a cultivar **B**, atendem as exigências do mercador consumidor. Entretanto, em função do menor tempo de hidratação até a saturação total dos grãos, supõe-se que a cultivar **B** necessite menos tempo de cozimento.

CONCLUSÕES: A temperatura da solução de embebição influenciou a expansão volumétrica e o tempo à saturação dos grãos de feijão. Com a absorção de água, enquanto a dimensão dos grãos alterou regularmente com a expansão volumétrica, a massa específica dos grãos após a sua saturação, diminuiu em função do aumento da temperatura; houve variação distinta da esfericidade e circularidade do grão devido alteração nos valores dos eixos ortogonais.

REFERÊNCIAS

- AMIN, M.N.; OSSAIN, M. A.; ROY, K.C. Effects of moisture content on some physical properties of lentil seeds. **Journal of Food Engineering**, v.65, p 83-87, 2004.
- BAYRAM, M.; ONER, M. D.; EREN, S. Effect of cooking time and temperature on the dimensions and crease of the wheat kernel during bulgur production. **Journal of Food Engineering**, v. 64, n. 1, p. 43-51, 2004.
- BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Regras para análise de sementes**. Brasília: MAPA/ACS, 2009. 395 p.
- CARBONELL, S.A.M.; CARVALHO, R.L.; PEREIRA, V.R. Qualidade tecnológica de grãos de genótipos de feijoeiro cultivados em diferentes ambientes. **Bragantia**, Campinas, v 62, n 3, p 369-379, 2003.
- CORRÊA, P.C.; RIBEIRO, D.M. RESENDE, O.; BOTELHO, F.M. Determinação e modelagem das propriedades físicas e da contração volumétrica do trigo, durante a secagem. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v 10, n 3, p 665-670, 2006.
- JESUS, F.F DE; SOUZA, R.T.G. DE; TEIXEIRA, G.C. DA S; TEIXEIRA, I.R.; DEVILLA, I.A. Propriedades físicas de sementes de feijão em função de teores de água. **Engenharia na Agricultura**, Viçosa, v 21, n 1, p 9-19, 2013.
- KHRAISHEH, M.A.M.; MCMINN, W.A.M.; MAGEE, T.R.A. Quality and structural changes in starchy foods during microwave and convective drying. **Food Research International**, London, v 34, n5, p 497-503, 2004.
- KOÇ, B.; EREN, I.; ERTEKIN, F.K. Modelling bulk density, porosity and shrinkage of quince during drying: The effect of drying method. **Journal of Food Engineering**, Amsterdam, v 85, n 3, p 340-349, 2008.
- OLIVEIRA, G.H H.; CORRÊA, P.C.; BOTELHO, F.M.; GONELI, A.L.D.; JÚNIOR, P.C.A.; CAMPOS, S.C. Modeling of the shrinkage kinetics of coffee berries during drying. **Acta Scientiarum**. v.33, p 423-428, 2011.
- RESENDE, O.; CORRÊA, P.C. Modelagem matemática do processo de hidratação de sementes de feijão. **Acta Scientiarum Agronomy**, Maringá, v. 29, n. 3, p. 373-378, 2007.
- RESENDE, O.; CORRÊA, P.C.; GONELI, A.L.D.; RIBEIRO, D.M. Forma, tamanho e contração volumétrica do feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) durante a secagem. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, Campina Grande, v 7, n 1, p 15-24, 2005.
- RESENDE, O.; CORRÊA, P.C.; GONELI, A.L.D.; RIBEIRO, D.M. Propriedades físicas do feijão durante a secagem: determinação e modelagem. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v 32, n 1, p 225-230, 2008.
- RODRIGUES, J.A.; RIBEIRO, N.D.; LONDERO, P.M.G.; FILHO, A.C.; GARCIA, D.C. Correlação entre absorção de água e tempo de cozimento de cultivares de feijão. **Ciência Rural**, Santa Maria, v 35, n 1, p 209-213, 2005.