

## ESTUDO PRELIMINAR DA DESIDRATAÇÃO OSMÓTICA COM PULSO DE VÁCUO DE FIGO (*Ficus carica* L.)

R. E. MELLO JR.<sup>\*</sup>, F. J. LOPES, A. P. L. SILVEIRA; J. R. J. JUNQUEIRA; K. S. MENDONÇA, J. L. G. CORRÊA

Universidade Federal de Lavras, Departamento de Ciências dos Alimentos  
<sup>\*</sup>e-mail: ronaldo\_uba@hotmail.com.br

### RESUMO

A desidratação osmótica assistida por pulso de vácuo (PVOD – *pulsed vacuum osmotic dehydration*) é um processo eficiente para obtenção de alimentos parcialmente desidratados. Devido ao seu elevado teor de umidade os figos precisam ser conservados de alguma maneira. O presente trabalho teve como objetivo avaliar o efeito da concentração da solução de sacarose (46,6 a 63,4 °B) e de sua temperatura (31,6 e 48,4 °C) assim como, o tempo de pulso de vácuo aplicado à PVOD (74 mmHg, 0 a 40 min) na incorporação de matéria seca e redução do teor de água. A desidratação osmótica foi realizada por 300 min com proporção amostra/solução de 1:10 (m/m). O planejamento experimental utilizado foi um delineamento composto central rotacional 2<sup>3</sup>, incluindo 6 pontos axiais e 4 repetições no ponto central, totalizando 18 experimentos. O aumento do tempo de pulso de vácuo apresentou efeitos significativos na redução do teor de umidade e incorporação de matéria seca.

### 1 INTRODUÇÃO

O figo, erroneamente conhecido como fruto, é, na verdade, um receptáculo carnoso de casca fina e macia, cujo interior se encontram os verdadeiros frutos, as sementes e os restos das flores das figueiras, sendo todo o conjunto comestível (FLAISHMAN, RODOV e STOVER, 2008). É, provavelmente, originário da Ásia Oriental e ganhou a região mediterrânea, sendo cultivado atualmente em diversos países (DOYMAZ, 2005). O Brasil aparece como o maior produtor no continente americano, destacando os estados de São Paulo (município de Valinhos) e Minas Gerais,

sendo que a sua região Sul/Sudoeste merece maior ênfase, principalmente os municípios de São Sebastião do Paraíso, Brazópolis e Santa Rita de Caldas.

Figos têm uma grande importância na nutrição, por ser fonte de carboidratos, minerais e vitaminas A, B1, B2 e C. Além disso, estudos comprovam a presença de compostos antioxidantes, como por exemplo a epicatequina (DOYMAZ, 2005; LIANJU et al., 2003; YANG et al., 2009), que lhes conferem propriedades medicinais, podendo reduzir riscos de câncer (SLATNAR et al., 2011; OUCHEMOUKH et al. 2012).

Os figos frescos são muito sensíveis à contaminação microbiológica, mesmo em

condições de armazenagem a frio. A desidratação é um processo que visa reduzir o teor de umidade de sólidos e as taxas das reações de degradação, sendo amplamente utilizado na conservação de vegetais (CHAUHAN et al., 2011). Entretanto a exposição de alimentos a altas temperaturas pode acarretar em perdas nutricionais e alterações sensoriais indesejáveis. Uma alternativa viável para obtenção de produtos desidratados com alta qualidade é a aplicação da desidratação osmótica como um pré-tratamento. Este pré-tratamento pode levar a maiores taxas de secagem com consequente redução do tempo de exposição do produto a altas temperaturas (CORRÊA et al., 2014).

A desidratação osmótica (DO) consiste em uma operação de transferência de massa em que a água é removida parcialmente dos alimentos através de imersão em soluções aquosas concentradas, como xaropes ou salmouras (CORRÊA et al., 2014). No decorrer do processo ocorre incorporação de sólidos e diminuição da atividade de água e da velocidade de deterioração dos alimentos (RUIZ-LÓPEZ et al., 2011).

Como a desidratação osmótica é um processo lento por ser, de natureza, difusivo, busca-se aumentar as taxas de transferência de massa, aplicando-se pulsos de vácuo no início do processo de desidratação (FANTE et al., 2011; VIANA, CORRÊA e JUSTUS, 2014) num processo conhecido como desidratação osmótica a pulso de vácuo (PVOD – *pulsed vacuum osmotic dehydration*).

A PVOD consiste na aplicação de vácuo no sistema sólido-solução, por um curto período no início do processo. O uso do vácuo tem como consequência a retirada de gases oclusos. Com a recuperação da pressão do sistema, o líquido que está em contato com o alimento penetra no interior dos poros, devido aos gradientes macroscópicos de pressão e à capilaridade. Este processo envolve uma rápida alteração na composição do alimento com consequências nas propriedades físicas e

de transporte do tecido do alimento (FITO, 1994).

O presente trabalho teve como objetivo uma avaliação inicial do efeito da concentração da solução osmótica e de sua temperatura, assim como, o tempo de pulso de vácuo aplicado na incorporação de matéria seca e redução do teor de água.

## 2 MATERIAL E MÉTODOS

Os figos verdes (*Ficus carica L.*) foram obtidos junto à Secretaria de Agricultura do município de São Sebastião do Paraíso (MG). Para seleção da matéria-prima foram considerados tamanho, peso, intensidade de cor e firmeza uniformes. Além disso, a ausência de doenças, fissuras e outras injúrias físicas foram levadas em consideração. Os figos foram armazenados em câmara climática com controle de temperatura ( $8 \pm 1$  °C) e umidade relativa ( $90 \pm 1$  %).

### 2.1 Preparo das Amostras e da Solução Osmótica

As amostras selecionadas foram retiradas da refrigeração e imediatamente sanitizadas e lavadas em água corrente. Os figos foram perfurados (em média 5 furos/cm<sup>2</sup>) com auxílio de um molde (PACCO, 2003).

A solução osmótica utilizada nos experimentos foi preparada com água destilada e sacarose comercial (Guarani<sup>®</sup>) nas concentrações definidas pelo planejamento experimental.

### 2.2 Processo de Cocção

Anteriormente ao processamento osmótico, os figos verdes foram submetidos a um processo de cocção em água a 100 °C por 1 hora com o objetivo de facilitar a transferência de massa no processo de desidratação osmótica.

### 2.3 Desidratação Osmótica Assistida por Pulsos de Vácuo (PVOD)

Os figos foram transferidos para um becker contendo solução osmótica de sacarose. Para todos os ensaios a proporção solução:amostra foi superior a 10:1 (m/m) para evitar diluição significativa da solução proporcionada pela saída de água das amostras (FERNANDES et al., 2008; GARCIA-NOGUERA et al., 2010; CORRÊA et al., 2014).

O processo foi conduzido em um equipamento projetado para operar à pressão atmosférica e também à vácuo com controle de temperatura e pressão (CORRÊA et al., 2014). Os experimentos tiveram tempo total de 300 minutos com pulso de vácuo de 74 mmHg aplicado nos primeiros minutos (CORRÊA, 2010). Após a PVOD, as amostras foram imersas em banho de gelo para cessar a desidratação e retirar o excesso

de solução desidratante e, então, enxaguadas. A água de lavagem superficial foi removida por secagem da superfície com papel toalha (CORRÊA et al., 2014).

### 2.4 Planejamento Experimental

Os experimentos tiveram suas condições de concentração de solução (X1), temperatura da solução (X2) e tempo de pulso de vácuo (X3) definidas com base em um planejamento experimental fatorial  $2^3$  completo, com quatro repetições no ponto central e 2n pontos axiais, onde n é o número de variáveis independentes, totalizando 18 experimentos (RODRIGUES e IEMMA, 2012).

A Tabela 1 apresenta a matriz do planejamento fatorial com as condições experimentais utilizadas em cada experimento.

**Tabela 1** – Matriz do planejamento fatorial completo  $2^3$ .

Teste	Concentração - X1 [°B]	Temperatura - X2 [°C]	Tempo de pulso de vácuo - X3 [min]
1	50,00 (-1)	35,0 (-1)	8 (-1)
2	50,00 (-1)	35,0 (-1)	32 (1)
3	50,00 (-1)	45,0 (1)	8 (-1)
4	50,00 (-1)	45,0 (1)	32 (1)
5	60,00 (1)	35,0 (-1)	8 (-1)
6	60,00 (1)	35,0 (-1)	32 (1)
7	60,00 (1)	45,0 (1)	8 (-1)
8	60,00 (1)	45,0 (1)	32 (1)
9	46,59 (-1,68)	40,0 (0)	20 (0)
10	63,41 (1,68)	40,0 (0)	20 (0)
11	55,00 (0)	31,6 (-1,68)	20 (0)
12	55,00 (0)	48,4 (1,68)	20 (0)
13	55,00 (0)	40,0 (0)	0 (-1,68)
14	55,00 (0)	40,0 (0)	40 (1,68)
15	55,00 (0)	40,0 (0)	20 (0)
16	55,00 (0)	40,0 (0)	20 (0)
17	55,00 (0)	40,0 (0)	20 (0)
18	55,00 (0)	40,0 (0)	20 (0)

As variações da concentração das soluções de sacarose, da temperatura foram baseadas em estudos de Silva et al. (2013) e Souza (2008). Outra variável estudada foi o tempo de pulso de vácuo aplicado.

As variáveis respostas foram: incorporação de matéria seca (IMS), redução do teor de umidade (RTU), conforme Equações 1 e 2 e atividade de água.

$$IMS = \frac{MS_f - MS_i}{MS_i} \quad (1)$$

$$RTU = U_f - U_i \quad (2)$$

## 2.5 Análises

As amostras *in natura* e osmoticamente desidratadas foram analisadas quanto ao teor de umidade, atividade de água e sólidos solúveis, conforme as metodologias descritas a seguir.

### 2.5.1 Determinação do teor de umidade

O teor de umidade foi determinado pelo método gravimétrico em estufa a vácuo (pressão  $\leq 100$  mmHg) a 70°C até peso constante padrão da AOAC, 934.06 (AOAC, 2007).

### 2.5.2 Determinação da atividade de água

Medidas de atividade de água foram obtidas à temperatura de 25°C com o uso do medidor de atividade de água (Aqualab, Decagon Devices Inc., modelo CX-2T Pullman, Washington, EUA).

### 2.5.3 Determinação do teor de sólidos solúveis

O teor de sólidos solúveis totais foi obtido com o uso de um refratômetro digital de bancada (Reichert, modelo AR 200, New York, EUA). Os frutos foram macerados e retirados algumas gotas para leitura no refratômetro.

As amostras *in natura* de figo utilizadas nos experimentos de desidratação osmótica apresentaram teores de umidade de  $87,40 \pm 0,60$  kg/100 kg de amostra, atividade de água  $0,980 \pm 0,003$  e sólidos solúveis totais de  $1,14 \pm 0,42$  °Brix. Esses valores são próximos aos observados por Silva et al. (2013).

Após o processamento osmótico, as amostras apresentaram redução no teor de umidade (RTU) e incorporação de matéria seca (IMS) conforme apresentado na Tabela 2, para as diferentes condições estudadas, segundo o planejamento experimental.

Os resultados de IMS estiveram na faixa de  $0,08 \pm 0,02$  a  $1,15 \pm 0,21$  e de, RTU na faixa de  $-14,48 \pm 2,11$  a  $-1,03 \pm 0,34$ . Em todos os experimentos, constatou-se que a IMS foi superior à RTU, o que é desejado em desidratação osmótica de alimentos, tendo em vista que neste tipo de processo, objetiva-se que a razão RTU/IMS seja a maior possível, ou seja, que haja a maior redução no teor de umidade e menor incorporação de sólidos (MENDES et al., 2013). Os resultados obtidos estiveram próximos aos de Silva et al. (2013) que estudaram a desidratação osmótica de figos. Porém, deve-se observar que, neste estudo, o fruto se encontrava no estágio inicial de maturação. Em tal condição, a porosidade do material é menor, o que dificulta as transferências por osmose. Desta forma, a semelhança de resultados, apesar da diferença na maturação do material, foi possível pelo uso da cocção anterior ao tratamento osmótico e do pulso de vácuo.

A tabela 3 apresenta os efeitos e sua significância (p-valor), possibilitando compreender que para as variáveis respostas (IMS, RTU) os termos lineares e quadráticos com relação à variável tempo de pulso de vácuo ( $X_3$ ) tiveram efeito significativo ( $p < 0,05$ ). Os trabalhos relacionados à técnica de PVOD indicam melhora no processo de transferência de massa, maior economia

## 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

quando comparado ao uso de pressão atmosférica ou pressão contínua de vácuo, além de proporcionar tempos mais curtos para

a impregnação de solutos (BARAT, CHIRALT e FITO, 2001; ESCRICHE et al., 2002; PANADÉS et al., 2006).

**Tabela 2** – Incorporação de matéria seca (IMS) e redução de teor de umidade (RTU) em desidratação osmótica de figos

Ensaio	IMS	RTU
1	0,770±0,18	-9,480±2,15
2	0,830±0,18	-10,281±2,15
3	0,851±0,20	-10,748±2,61
4	0,816±0,06	-10,768±0,80
5	0,853±0,02	-10,943±0,72
6	0,811±0,15	-10,943±1,54
7	0,520±0,30	-6,530±3,74
8	0,740±0,30	-9,253±3,56
9	0,691±0,25	-8,650±2,53
10	0,755±0,17	-9,622±2,01
11	0,800±1,21	-10,069±4,55
12	0,984±0,08	-12,449±0,52
13	0,082±0,02	-1,034±0,34
14	0,921±0,26	-12,699±3,55
15	1,064±0,27	-12,097±2,93
16	1,150±0,22	-14,482±2,11
17	1,130±0,23	-14,250±2,30
18	0,959±0,11	-12,110±0,74

**Tabela 3** – Efeitos estimados para incorporação de matéria seca (IMS) e redução de teor de umidade (RTU) em desidratação osmótica de figos.

IMS			RTU	
Fatores	Efeitos	p-valor	Efeitos	p-valor
X <sub>1</sub> (L)	-0,031001	0,752449	0,2632	0,852908
X <sub>1</sub> (Q)	-0,211850	0,064067	2,5268	0,114833
X <sub>2</sub> (L)	-0,007698	0,937383	0,0746	0,958037
X <sub>2</sub> (Q)	-0,092536	0,375773	1,0257	0,493078
X <sub>3</sub> (L)	0,252248	0,028968*	-3,1841	0,049186*
X <sub>3</sub> (Q)	-0,368533	0,005746*	4,1319	0,020105*
X <sub>1</sub> X <sub>2</sub>	-0,111353	0,395661	1,6195	0,393508
X <sub>2</sub> X <sub>3</sub>	0,053011	0,680453	-0,5266	0,776824
X <sub>1</sub> X <sub>3</sub>	0,026773	0,834553	-0,4322	0,815854

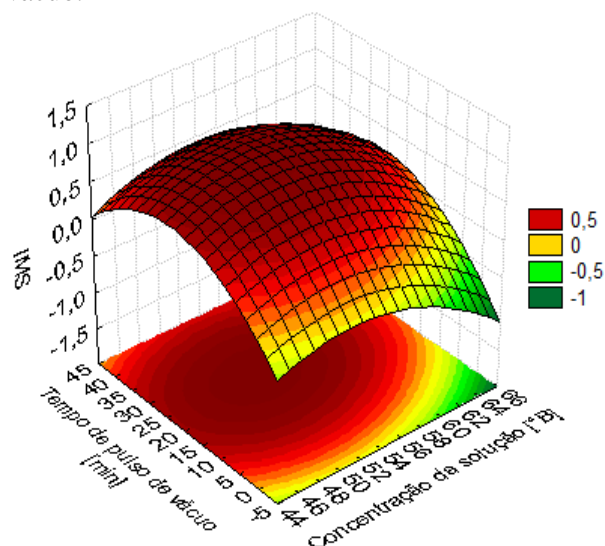
\*Efeito significativo

As Figuras 1 e 2 representam as superfícies de respostas das variáveis dependentes do processo de otimização da

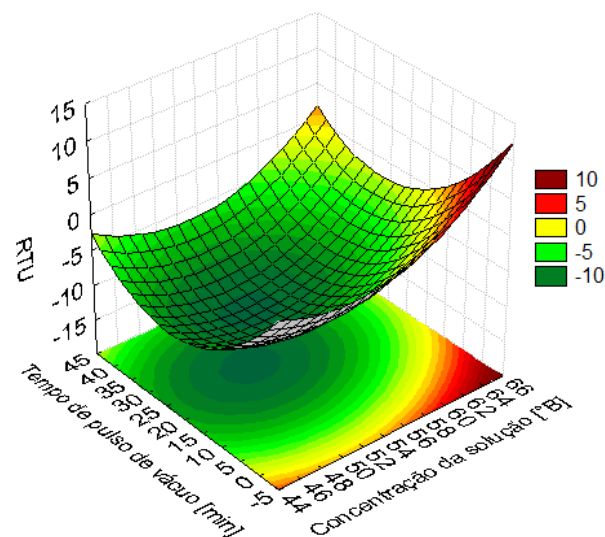
desidratação osmótica assistida por pulso de vácuo.



**Figura 1** - Superfície de resposta para incorporação de matéria seca das amostras de figo submetidas à desidratação osmótica por pulso de vácuo.



**Figura 2** - Superfície de resposta para redução do teor de umidade das amostras de figo submetidas à desidratação osmótica por pulso de vácuo.



Pode-se constatar que houve uma maior incorporação de matéria seca, maior redução do teor de umidade e amostras com menor atividade de água na região próxima da concentração da solução de 55°B e de tempo de pulso de vácuo em torno de 20 minutos.

A influência do tempo de pulso de vácuo tornou-se eficaz combinada com concentração mais elevada de soluções osmótica. Corrêa et al. (2010) estudaram os efeitos da aplicação do pulso de vácuo e concentração da solução na transferência de massa de goiaba e concluíram que a aplicação de vácuo proporcionou maiores perda de água e incorporação de sólidos pelo produto. Os autores ainda destacam que o efeito causado com a aplicação de pulso de vácuo, pode ser explicado pelo mecanismo hidrodinâmico que é ocorre no início do processo. Deng e Zhao (2008) apontam um efeito positivo na aplicação do pulso de vácuo no processo de desidratação osmótica de maçã, encontrando m redução do teor de umidade e incorporação de sólidos ao produto.

Observou-se que as variáveis concentração da solução osmótica (X1) e temperatura da solução osmótica (X2) não apresentaram influência significativa nas variáveis IMS e RTU. A etapa de cocção do figo, embora importante para a posterior desidratação, aumentou o teor de umidade do produto fresco de  $87,39 \pm 0,61$  para  $91,29 \pm 0,98$  kg de água/100 kg de amostra. Considera-se que este aumento tenha dificultado que se observasse uma influência significativa de X1 e X2 em IMS e RTU. Pretende-se, em um trabalho futuro, acrescentar uma etapa de prensagem do alimento, anteriormente ao processamento osmótico. Acredita-se que a prensagem auxilie nesta avaliação, bem como em uma secagem posterior ao processamento osmótico.

#### 4.CONCLUSÃO

O uso de pulso de vácuo em desidratação osmótica de figo verde pré-cozido proporcionou a obtenção de um produto com teor de umidade parcialmente reduzido aliado a incorporação de matéria seca. Isto sugere a viabilidade deste processo como pré-tratamento para secagem de figo.

## NOMENCLATURA

IMS	Incorporação de matéria seca
RTU	Redução do teor de água
MS	Matéria seca
U	Teor de umidade [kg de água/kg matéria seca]
Subscrito	
i	Referente à condição inicial
f	Referente à condição final

## REFERÊNCIAS

- AOAC. Official methods of analysis of Association of official Analytical Chemists International.: Gainsburg: Horwitz 2007.
- BARAT, J. M. CHIRALT, A. FITO, P. 2000: Structural change kinetics in osmotic dehydration of apple tissue, 416., 2000, Amsterdam. **Proc. 12th International Drying Symposium (IDS 2000)**. Amsterdam, 2000. p.1–9.
- CHAUHAN, O. P., SINGH, A., SINGH, A., RAJU, P. S., BAWA, A. S. Effects of osmotic agents on colour, textural, structural, thermal, and sensory properties of apple slices. **International Journal of Food Properties**, v.14, n.5, p.1037-1048, 2011.
- CORRÊA, J. L. G.; PEREIRA, L. M.; VIEIRA, G. S.; HUBINGER, M. D. Mass transfer kinetics of pulsed vacuum osmotic dehydration of guavas. **Journal of Food Engineering**, v.96, n.4, p.498–504, 2010.
- CORRÊA, J. L., ERNESTO, D. B., ALVES, J. G., ANDRADE, R. S. Optimisation of vacuum pulse osmotic dehydration of blanched pumpkin. **International Journal of Food Science & Technology**, v.49, n.9, p.2008-2014, 2014.
- DENG, Y.; ZHAO, Y. Effects of pulsed-vacuum and ultrasound on the osmodehydration kinetics and microstructure of apples (Fuji). **Journal of Food Engineering**, v.85, n.1, p.84-93, 2008.
- DOYMAZ, I. Sun drying of figs: an experimental study. **Journal of Food Engineering**, v.71, p.403–407, 2005.
- ESCRICHE, I.; GARCIA-PINCHI, R.; CAROT, J. M.; SERRA, J. A. Comparison of must and sucrose solutions to obtain high quality minimally processed kiwi fruit (*Actinidia chinensis* P.) slices. **International Journal of Food Science and Technology**, v. 37, n.1, p.87-95, 2002.
- FANTE, C., CORRÊA, J., NATIVIDADE, M., LIMA, J., LIMA, L. Drying of plums (*Prunus* sp, c.v Gulfbreeze) treated with KCl in the field and subjected to pulsed vacuum osmotic dehydration. **International Journal of Food Science & Technology**, v.46, n.5, p.1080-1085. 2011.
- FERNANDES, F. A. N., GALLÃO, M. I.; RODRIGUES, S. Effect of osmotic dehydration and ultrasound pre-treatment on cell structure: melon dehydration. **Food Science and Technology**, v.41, p.604–608, 2008.
- FITO, P. Modelling of vacuum osmotic dehydration of food. **Journal of Food Engineering**, v.22, n.1, p.313-328. 1994.

FLAISHMAN, M. A., RODOV, V.; STOVER, E. **The Fig: Botany, Horticulture, and Breeding**. New Jersey: J. Janick, 2008.

GARCIA-NOGUERA, J.; GALLÃO, M. I.; WELLER, C. L. Ultrasound-assisted osmotic dehydration of strawberries: effect of pretreatment time and ultrasonic frequency. **Biological Systems Engineering**, v.1, n.1, p.294–303, 2010.

LIANJU, W.; WEIBIN, J.; KAI, M.; ZHIFENG, L.; YELIN, W. The production and research of fig (*Ficus carica* L.) in China. **Acta Horti**, v. 605, p.191–196, 2003.

MENDES, G. R., FREITAS, C. H., SCAGLIONI, P. T., SCHMIDT, C. G., FURLONG, E. B. Condições para desidração osmótica de laranjas e as propriedades funcionais do produto. **Revista Bras. Eng. Agríc. Ambiental**, v.17, n.11, p.1210-1216, 2013.

OUCHEMOUKH, S.; HACHOUD, S.; BOUDRAHAM, H.; MOKRANI, A.; LOUAILECHE, H. Antioxidant activities of some dried fruits consumed in Algeria. **Food Science and Technology**, v.49, n.2, p.329–332, 2012.

PACCO, H. C. **Secagem de figo (*Ficus carica* L) da variedade “Gigante de Valinhos” em secador de bandejas**. 2003. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Alimentos) - Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2003.

PANADÉS, G.; FITO, P.; AGUIAR, Y.; VILLAVICENCIO, M. N.; ACOSTA, V. Osmotic dehydration of guava: Influence of

operating parameters on process kinetics. **Journal of Food Engineering**, v.72, n.4, p.383-389, 2006.

RODRIGUES, M. I; IEMMA, A. F. **Planejamento de experimentos e otimização de processos: uma estratégia sequencial de planejamentos**. Campinas: Casa do Pão Editora, 2012.

RUIZ-LÓPES, I. I.; RUIZ-ESPINOSA, H.; HERMAN-LARA, E.; ZÁRATE-CASTILLO, G. Modeling of kinetics, equilibrium and distribution data of osmotically dehydration carambola (*Averrhoa carambola* L.) in sugar solutions. **Journal of Food Engineering**, v. 204, p.218–226, 2011.

SLATNAR, A.; KLANCAR, U.; STAMPAR, F.; VEBERIC, R. Effect of drying of figs (*Ficus carica* L.) on the contents of sugars, organic acids, and phenolic compounds. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v.59, p.11696–11702, 2011.

SILVA, J. M.; CANTU, M. G.; RODRIGUES, V.; MAZUTTI, M. A. Influence of osmotic pre-treatment on convective drying kinetics of figs. **International Journal of Food Engineering**, v.9, n. 2, p.187–196, 2013.

SOUZA, S. **Obtenção de Figos Secos por Desidratação Osmótica e Secagem Convectiva**. 2008. Tese (Doutorado em Engenharia de Alimentos) - Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2008.



StatSoft Inc. **Statistica® 7.0 User's Guide**.  
Tulsa, OK, USA: StatSoft Inc. 2007.

VIANA, A. D., CORRÊA, J. L. G., JUSTUS, A. Optimisation of the pulsed vacuum osmotic dehydration of cladodes of fodder palm. **International Journal of Food Science & Technology**, v.49, n.3, p.726-732, 2014.

YANG, X. M.; YU, W.; OU, Z. P.; MA, H. L.; LIU, W. M.; JI, X. L.. Antioxidant and immunity activity of water extract and crude polysaccharide from *Ficus carica* L. fruit.

**Plant Foods Hum. Nutr.**, v. 64, p.167–173, 2009.

## AGRADECIMENTOS

A Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – CAPES, Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado De Minas Gerais - FAPEMIG, pelo apoio à pesquisa. A Secretaria Municipal de Agricultura do município de São Sebastião do Paraíso (MG) e a empresa Tozzi Alimentos<sup>®</sup>, pela parceria estabelecida.