

## ESTIMATIVA DO COEFICIENTE DE EXPANSÃO VOLUMÉTRICO DA POLPA DE GOIABA E MANGA ATRAVÉS DE CORRELAÇÕES MATEMÁTICAS

Edilene Santos de Melo<sup>1</sup>, Mikaela Rocha Santos<sup>2</sup>, Larisse Costa Ferreira<sup>3</sup>, Ingrid Meirielly Rodrigues Farias<sup>4</sup>, Paulo Vitoriano Dantas Pereira<sup>5</sup>, Sérgio Luis Melo Violi<sup>6</sup>

<sup>1</sup> Discente do Curso Superior Licenciatura em Matemática – IFTO . e-mail: <[edilene.pibid.ifto@gmail.com](mailto:edilene.pibid.ifto@gmail.com)>

<sup>2</sup> Discente Curso Licenciatura em Química – IFTO. Bolsista do Programa de Iniciação Científica. e-mail: <[mikaellarocha72@gmail.com](mailto:mikaellarocha72@gmail.com)>

<sup>3</sup> Curso Superior de Tecnologia de Alimentos – IFTO. e-mail: <[larissecosta500@gmail.com](mailto:larissecosta500@gmail.com)>

<sup>4</sup> Ensino Médio Integrado ao Técnico em Agroindústria – IFTO. Bolsista do Programa de Iniciação Científica. e-mail: <[ingridcosta301@gmail.com](mailto:ingridcosta301@gmail.com)>

<sup>4</sup> Docente do Curso de Licenciatura em Matemática – IFTO. e-mail: <[paulo.pereira@ifto.edu.br](mailto:paulo.pereira@ifto.edu.br)>

<sup>5</sup> Docente do Curso de Licenciatura em Química – IFTO. e-mail: <[violi@ifto.edu.br](mailto:violi@ifto.edu.br)>

**Resumo:** A produção, transporte e estocagem de polpas de frutas envolvem propriedades termo físicas importantes para o correto dimensionamento dos equipamentos destinados a estas operações. É essencial o conhecimento do comportamento da massa específica das polpas nas condições de processamento pois ela é alterada durante a transferência de calor e massa no decorrer do processamento do alimento. O objetivo desse trabalho foi estimar o coeficiente de expansão volumétrica das polpas de goiaba e manga, a partir da análise de regressão linear de dados experimentais da massa específica em função da temperatura. Foram adquiridas polpas de manga e goiaba congelada no comércio local da cidade de Paraíso do Tocantins –TO. A massa específica da polpa de goiaba e de manga foram determinadas nas temperaturas de 10, 20, 30, 40, 50 e 60°C, na concentração de 7,65 °Brix para polpa de goiaba e 12, 59 °Brix para polpa de manga. O aumento do volume das polpas de goiaba e manga corresponderam a 4,43 % e 3,89 %, respectivamente, vezes maior que o aumento de volume de água. As polpas de goiaba e manga apresentaram coeficientes de dilatação volumétricos iguais a  $9,16 \times 10^{-4} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$  e  $8,06 \times 10^{-4} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$  respectivamente. Os valores encontrados para os coeficientes de determinação apresentaram uma correlação linear significativa e muito forte.

**Palavras-chave:** coeficiente volumétrico, goiaba, regressão linear

### 1 INTRODUÇÃO

A dilatação térmica, a capacidade calorífica e a condutividade térmica são propriedades associadas à resposta ou reação dos materiais devido à aplicação de calor, sendo, por isso, classificadas como propriedades térmicas da matéria. Essas propriedades podem ser padronizadas e dimensionadas por cálculos de engenharia (JERÔNIMO, 2012). O coeficiente de expansão volumétrica ( $\beta$ ) é uma propriedade termo física importante para projetar, dimensionar equipamentos e processos que envolvem transferência de calor (MATTOS; MEDEROS, 2008). O conhecimento do ( $\beta$ ) permite estudar a variação da densidade em resposta a uma mudança na temperatura sob pressão constante, o comportamento da dilatação, avaliar os impactos no sistema de medição volumétrico devido à variação da temperatura e projetar equipamentos e acessórios, considerando possíveis dilatações resultantes de fortes mudanças de temperatura (INCROPERA; DEWITT, 2008; CANCIAM, 2014). A produção, transporte e estocagem de polpas de frutas envolvem propriedades termo físicas importantes para o correto dimensionamento dos equipamentos destinados a estas operações. (LIMA, 2003). É essencial o conhecimento do comportamento da massa específica das polpas nas condições de processamento pois

ela é alterada durante a transferência de calor e massa no decorrer do processamento do alimento (BOLZAN; SOUZA, 2007). Durante o processamento das polpas são usados processos de aquecimento, pasteurização, concentração e a utilização de baixas temperaturas para a preservação da qualidade desses produtos. (LIMA, 2003). Os modelos matemáticos para previsibilidade das propriedades termo físicas representam uma adequação de ampliar a eficiência de tratamentos térmicos no processamento de alimentos e alternativa na substituição da determinação experimental destes parâmetros, o qual pode ser muito oneroso para a indústria (EGEA et al., 2015). O objetivo desse trabalho foi estimar o coeficiente de expansão volumétrica das polpas de goiaba e manga, a partir da análise de regressão linear de dados experimentais da massa específica em função da temperatura.

## **2 METODOLOGIA**

Este trabalho foi desenvolvido, no Laboratório de Química Geral do Instituto Federal do Tocantins – IFTO campus Paraíso do Tocantins, entre os meses de junho a dezembro de 2018. Foram adquiridas polpas de manga e goiaba congelada no comércio local da cidade de Paraíso do Tocantins –TO. A massa específica da polpa de goiaba e de manga foram determinadas nas temperaturas de 10, 20, 30, 40, 50 e 60°C, na concentração de 7,65 °Brix para polpa de goiaba e 12, 59 °Brix para polpa de manga. Todos os experimentos foram realizados em triplicata e para o cálculo foi utilizado à média dos valores obtidos nos experimentos, Os picnômetros foram previamente calibrados com água destilada em cada temperatura do experimento e as temperaturas foram controladas através do banho termostato e por meio dos termômetros presentes nos próprios picnômetros. O cálculo da massa específica foi realizado através da Equação 1, que estabelece relação entre massa e volume.  $\rho = m/v$  (1) na qual,  $\rho$  - Massa específica do produto ( $\text{kg.m}^{-3}$ );  $v$  – Volume do picnômetro ( $\text{m}^3$ );  $m$  – Massa do produto (kg). Para a determinação do coeficiente de expansão térmica foi utilizada a equação 2, seguindo a mesma metodologia de Canciam (2012):  $\ln \rho_0/\rho = \beta (T-T_0)$  (2) Onde  $\rho_0$  e  $\rho$  correspondem, respectivamente, a massa específica da polpa na temperatura inicial  $T_0$  e a massa específica da polpa da temperatura final  $T$ . A partir destes dados é possível obter o coeficiente de expansão volumétrica determinado pela reta do gráfico de  $\ln (\rho_0/\rho)$  versus  $(T-T_0)$  (CANCIAM, 2010).

## **3 RESULTADOS E DISCUSSÕES**

A Tabela 01 demonstra os valores experimentais da massa específica, coeficiente de expansão volumétrica e coeficiente de determinação das polpas de goiaba e manga em função da temperatura.

**TABELA 1** – Valores médios das massas específicas, coeficiente de expansão volumétrica e coeficiente de determinação das polpas a comercializadas na Cidade de Paraíso do Tocantins.

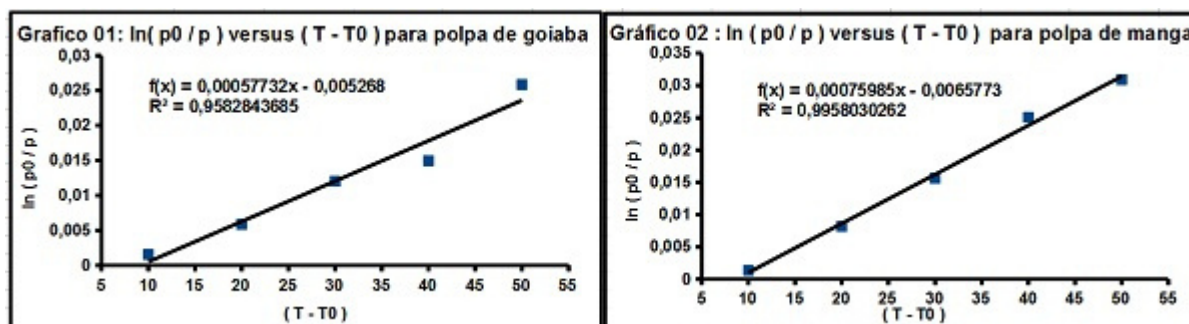
GOIABA					MANGA				
T °C	$\rho$ (Kg.m <sup>-3</sup> )	°Brix (20° C)	$\beta$ (°C <sup>-1</sup> )	R <sup>2</sup>	T °C	$\rho$ (Kg.m <sup>-3</sup> )	°Brix (20° C)	$\beta$ (°C <sup>-1</sup> )	R <sup>2</sup>
10	1061,32				10	1070,31			
20	1059,68				20	1068,88			
30	1055,12	7,65	9,16 .10 <sup>-4</sup>	0,9997	30	1061,59	12,59	8,06 .10 <sup>-4</sup>	0,9904
40	1048,63				40	1053,71			
50	1045,55				50	1043,83			
60	1034,23				60	1037,75			

(T °C) Temperatura; ( $\rho$ ) massa específica;  $\beta$  (° C<sup>-1</sup>) coeficiente de expansão volumétrica; (R<sup>2</sup>) Coeficiente de determinação

FONTE: Autora

Alves et al. (2017) obtiveram massas específicas iguais a 1060,31 a 1044,48 kg.m<sup>-3</sup> para a polpa de goiaba com 9,8 °Brix e temperaturas de 10 a 50 °C. Dantas Júnior et al. (2007), realizando estudos para predição da massa específica da manga em temperatura 10 a 50 °C, encontraram variação de 1055,73 a 1009,38 kg.m<sup>-3</sup>. Mercali et al. (2011), verificaram que os valores de massa específica diminuíram com o aumento da temperatura provavelmente devido à expansão volumétrica do fluido causada pela redução da ligação da força intermolecular. Os gráficos 01 e 02 demonstraram os resultados para o coeficiente de expansão volumétrico ( $\beta$ ) e coeficiente de correlação das polpas de goiada e manga analisadas.

Gráficos do  $\ln(p_0/p)$  versus  $(T - T_0)$  das polpas de goiaba e manga



Sendo o ( $\beta$ ) da polpa de goiaba igual a  $9,16 \cdot 10^{-4}$ , significa que, o acréscimo de  $1^\circ\text{C}$  tem como resultado o aumento de volume em aproximadamente  $0,0916\%$  (NETZ; ORTEGA, 2008). Dessa forma, seguindo a mesma linha de raciocínio, o aumento do volume da polpa de manga varia aproximadamente de  $0,0806\%$ . Esses valores podem parecer pequenos, mas em comparação com a água, o aumento do volume das polpas de goiaba e manga corresponde a  $4,43\%$  e  $3,89\%$ , respectivamente, vezes maior que o aumento de volume de água, considerado que o ( $\beta$ ) da água igual a  $2,07 \cdot 10^{-4} \text{ }^\circ\text{C}^{-1}$  (CABRAL; LAGO, 2002). Lira (2004) afirma que uma correlação linear é classificada como muito forte quando os módulos dos valores do coeficiente de correlação estão entre  $0,90$  e  $1,0$ . Assim, segundo a classificação da autora as polpas de goiaba e manga apresentaram uma correlação é muito forte.

## 5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os valores da massa específica das polpas analisadas diminuíram com o aumento da temperatura, variando de  $1034,23$  a  $1070,01 \text{ kg.m}^{-3}$  para polpa de goiaba e  $1038,06$  a  $1069,98 \text{ kg.m}^{-3}$  para polpa de manga sendo coerente com o comportamento relatado para polpa de fruta na literatura. As polpas de goiaba e manga apresentaram coeficientes de dilatação volumétricas iguais a  $9,16 \cdot 10^{-4} \text{ }^\circ\text{C}^{-1}$  e  $8,06 \cdot 10^{-4} \text{ }^\circ\text{C}^{-1}$  respectivamente. Os valores encontrados para os coeficientes de determinação apresentaram uma correlação linear significativa e muito forte.

## REFERÊNCIAS

- ALVES, M. N. M.; SANTOS, D. A.; MELO, J. C. S.; COSTA, C. H. C.; BADARO, A. D. S. **Avaliação de modelos polinomiais para estimar a massa específica da polpa de goiaba**. In: Congresso Brasileiro de Química-CBQ, 2017, Gramado RS. Congresso Brasileiro de Química - CBQ, 2017.
- BOLZAN, T. G.; SOUZA, D. **Estudo do comportamento da massa específica de suco de laranja em função da temperatura e da concentração**. XIX Salão de iniciação científica, Livro de resumos. Porto Alegre: UFRGS, 2007.
- CABRAL, F.; LAGO, A. **Física 2**. Harbra, São Paulo, 2002. 516p.
- CANCIAM, C. A. **Predição do coeficiente de expansão térmica do óleo de gergelim (Sesamum Indicum L.) através da aplicação da análise de regressão linear**. E-xacta, v. 3, n. 1, p. 21-28, 2010.
- CANCIAM, C. A. **Predição do coeficiente de expansão térmica do óleo de girassol através da aplicação da análise de regressão linear**. Revista Brasileira de Tecnologia Agroindustrial, v. 6, n. 2, p. 852-863, 2012.
- CANCIAM, C. A. **Efeito da concentração na dilatação volumétrica do suco de amora-preta**. Revista CIATEC – UPF, Passo Fundo: UPF, v. 6, n. 1, p. 26-36, 2014.

DANTAS JÚNIOR, E. E.; QUEIROZ, A. J. M.; FIGUEIREDO, R. M. F. **Determinação e elaboração de modelos de predição da massa específica da manga espada.** Revista Educação Agrícola Superior, v.22, n.1, p.39-42, 2007

DINIZ, R. S.; COIMBRA, J. S. R.; MARTINS, M. A.; SANTOS, M. O. ;DINIZ, M. D. M. S.; SANTOS, E. S.; SANTÁNNA, D. D.; ROCHA, R. A.; OLIVEIRA, E. B. **Physical Properties of Red Guava (Psidium guajava L.) Pulp as Affected by Soluble Solids Content and Temperature.** International Journal of Food Engineering, v.10, n.3, p. 437–445, 2014.

EGEA, M. B.; REIS, M. H. M.; DANESI, E. D. G. **Aplicação de modelos matemáticos preditivos para o cálculo das propriedades termo físicas do palmito pupunha.** Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais, v.17, n.2, p.179-187, 2015.

JERÔNIMO, C. E. M.; BALBINO, C. P.; FERNANDES, H. G. Coeficiente de dilatação volumétrica determinados pela curva ASTM em frações de petróleo. Revista Scientia Plena, Aracaju: UFS, v. 8, n. 9, p. 1-8, 2012.

INCROPERA, F. P.; DEWITT, D. P. **Fundamentos de Transferência de Calor e de Massa.** Rio de Janeiro: LTC Ltda., 2008.

LIMA, Í. J. E. D.; QUEIROZ, A. J. D. M.; FIGUEIRÊDO, R. M. F. D. **Propriedades termo físicas da polpa de umbu.** Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais, Campina Grande, Especial, n.1, p.31-42, 2003

LIRA, S. A. **Análise de correlação: abordagem teórica e de construção dos coeficientes com aplicação.** 2004.Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Métodos Numéricos em Engenharia, Universidade Federal do Paraná: Curitiba. 2004.

MATTOS, J. S.; MEDEROS, B. J. T. **Densidade de polpas de frutas tropicais: banco de dados e determinação experimental.** BioEnergia, Campinas, v.2, n.2, p. 109-118, jan/abr., 2008.

MERCALI, G. D.; SARKIS, J. R.; JAESCHKE, D. B.; TESSARO, I. C.; MARCZAK, L. D. F. **Physical properties of acerola and blueberry pulps.** Journal of Food Engineering 106, 283, 2011.

NETZ, P. A.; ORTEGA, G. G. **Fundamentos de físico-química: uma abordagem conceitual para as ciências farmacêuticas.** Artmed, Porto Alegre, 2008. 299p.