



Revista Ceres

ISSN: 0034-737X

ceresonline@ufv.br

Universidade Federal de Viçosa

Brasil

Sulamytha Bezerra, Tânya; Correia da Costa, José Maria; Rodrigues Amorim Afonso, Marcos; Arraes Maia, Geraldo; Clemente, Edmar

Avaliação físico-química e aplicação de modelos matemáticos na predição do comportamento de polpas de manga desidratadas em pó

Revista Ceres, vol. 58, núm. 3, mayo-junio, 2011, pp. 278-283

Universidade Federal de Viçosa

Vicosa, Brasil

Disponível em: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=305226801002>

- Como citar este artigo
- Número completo
- Mais artigos
- Home da revista no Redalyc

redalyc.org

Sistema de Informação Científica

Rede de Revistas Científicas da América Latina, Caribe , Espanha e Portugal  
Projeto acadêmico sem fins lucrativos desenvolvido no âmbito da iniciativa Acesso Aberto

# Avaliação físico-química e aplicação de modelos matemáticos na predição do comportamento de polpas de manga desidratadas em pó

Tânya Sulamytha Bezerra<sup>1</sup>, José Maria Correia da Costa<sup>2</sup>, Marcos Rodrigues Amorim Afonso<sup>3</sup>, Geraldo Arraes Maia<sup>4</sup>, Edmar Clemente<sup>5</sup>

## RESUMO

A manga é uma fruta tropical muito popular em virtude das suas características exóticas e do seu valor nutritivo, sendo bastante apreciada na culinária e na alimentação da população brasileira. Este trabalho teve como objetivo analisar o comportamento higroscópico dos pós de manga das variedades Rosa e Tommy Atkins através de isotermas de adsorção, e as características físico-químicas e minerais tanto destes pós quanto das frutas na sua forma *in natura*. A partir dos resultados obtidos das análises físico-químicas e minerais para as amostras *in natura* e em pó, observa-se que as variedades Rosa e Tommy Atkins são estatisticamente semelhantes entre si na maioria dos parâmetros analisados. No entanto, observa-se que a variedade Rosa apresentou uma melhor qualidade nutricional que a variedade Tommy Atkins, notadamente no que se refere ao teor de vitamina C e carotenóides. Para o ajuste das isotermas de adsorção, os modelos de GAB e de Oswin se ajustaram satisfatoriamente aos dados experimentais dos pós de manga, exceto para a variedade Rosa. Também foi detectado que em ambientes com atividade de água elevada (a partir de 0,70) os pós das variedades Rosa e Tommy Atkins apresentam um comportamento mais higroscópico.

**Palavras-chave:** *Mangifera indica L.*, isoterma de adsorção, polpa, higroscópio.

## ABSTRACT

### Physicochemical evaluation and mathematical models for the prediction of the hygroscopic behavior of mango powder

Mango is a very popular tropical fruit and well appreciated in the culinary and food of the Brazilian population because of its exotic characteristics and nutritional value. This study aimed to analyze the hygroscopic behavior of mango powder from the varieties 'Rosa' and 'Tommy Atkins' using sorption isotherms. We also evaluated physico-chemical and mineral characteristics in both powder and fresh fruit. Results of physical-chemical and mineral analysis for fresh fruit and powder samples showed that the varieties Rosa and Tommy Atkins are statistically similar for most parameters, however, we can consider that variety 'Rosa' had better nutritional value than variety 'Tommy Atkins', as it shows higher levels of vitamin C and carotenoids. The models GAB and Oswin gave the best fit of sorption isotherms for the mango powder, except for variety 'Rosa'. Results also showed that in environments with high water activity (above 0.70), powder of varieties 'Rosa' and 'Tommy Atkins' had a more hygroscopic behavior.

**Key words:** *Mangifera indica L.*, sorption isotherm, pulp, hygroscopic.

Recebido para publicação em junho de 2010 e aprovado em março de 2011

<sup>1</sup> Tecnóloga em Alimentos, Mestre. Departamento de Tecnologia de Alimentos, Universidade Federal do Ceará - UFC, Av. Mister Hull, 2977, 60356-000 Fortaleza, CE, Brasil. tanyasulamytha@gmail.com

<sup>2</sup> Engenheiro Químico, Doutor. Departamento de Tecnologia de Alimentos, Universidade Federal do Ceará - UFC, Av. Mister Hull, 2977, 60356-000 Fortaleza, CE, Brasil. correia@ufc.br

<sup>3</sup> Engenheiro de Alimentos, Doutor. Departamento de Tecnologia de Alimentos, Universidade Federal do Ceará - UFC, Av. Mister Hull, 2977, 60356-000 Fortaleza, CE, Brasil. maafonso@ufc.br

<sup>4</sup> Engenheiro-Agrônomo, Doutor. Universidade Federal do Ceará - UFC, Av. Mister Hull, 2977, 60356-000 Fortaleza, CE - gmaia@secrel.com.br

<sup>5</sup> Bacharel em Química, Doutor. Universidade Estadual de Maringá, Centro de Ciências Exatas, Departamento de Química. Av. Colombo, 5790, Zona 7, 87020-900 Maringá, PR, Brasil. eclemente@uem.br. Autor para correspondência

## INTRODUÇÃO

A manga (*Mangifera indica* L.) pertence à família *Anacardiaceae* e figura entre as frutas tropicais de maior expressão econômica nos mercados brasileiro e internacional (Brandão et al., 2003). É uma fruta com grande quantidade de polpa, de tamanho e formato variável, aroma e cor agradável que faz parte do elenco das frutas tropicais de importância econômica, não só pela aparência exótica, mas também por ser uma rica fonte de carotenóides e carboidratos (Santos 2003). A desidratação de alimentos consiste em um método de conservação que impede a deterioração e perdas do valor comercial, possibilitando redução de perdas pós-colheita. Produtos desidratados em pó encontram larga aplicação em diversas formulações alimentícias de preparo instantâneo e são de fácil utilização em operação de adição e mistura em escala industrial. Estes produtos se caracterizam por possuírem um alto teor de sólidos solúveis com uma porção apreciável destes no estado amorfo (vítreo), que os torna altamente higroscópicos e sujeitos as mudanças físicas indesejáveis (Carlos et al., 2005; Soares et al., 2001).

É muito importante conhecer o comportamento higroscópico e construir as isotermas de adsorção para prever melhores condições de conservação, desenvolver embalagens adequadas, conhecer o teor umidade de equilíbrio e conhecer as características físicas e físico-químicas dos produtos alimentícios (Anselmo et al., 2006). Com o intuito de prever o comportamento das isotermas de adsorção, diversos autores propuseram modelos matemáticos empíricos e teóricos para o ajuste das curvas de umidade de equilíbrio de vários produtos, em função da atividade de água e também da temperatura do ar. Dentre os modelos mais comuns e por sua relativa precisão e generalidade de uso, podem ser citados o de BET, GAB, Halsey, Oswin e Smith (Iglesias & Cherife, 1978). Em função do exposto, objetivou-se com este trabalho avaliar a caracterização química, físico-química e mineral, além do comportamento higroscópico através do estabelecimento de isotermas de adsorção de pós de manga das variedades Rosa e Tommy Atkins.

## MATERIAL E MÉTODOS

As variedades de manga utilizadas foram a Rosa e Tommy Atkins, em estádio de maturação próprio para o consumo na forma *in natura*. Para realização deste trabalho foi adquirido quarenta quilos de manga, sendo vinte da variedade Rosa e vinte da variedade Tommy Atkins. Para obtenção da polpa em pó, os frutos foram selecionados e submetidos à lavagem em água corrente e, em seguida, removidos as cascas e caroços. As polpas de cada variedade de manga, obtidas através da homogeneização

em liquidificador de laboratório durante 10 minutos, foram colocadas em placas de Petri e submetidas à desidratação em estufa a vácuo (modelo Q819V2 marca Quimis) a  $61^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$  por 18 horas, tempo este adequado para manutenção das características físico-químicas do produto desidratado. A manga desidratada foi submetida à moagem durante 20 minutos para obtenção do pó e, em seguida passou por tamizes com orifício variando de 50 a 80  $\mu\text{m}$ , obtendo assim o pó de manga que foi acondicionado em recipientes de vidros e armazenado a temperatura ambiente.

Foram realizadas em triplicata, as seguintes análises físico-químicas: teores sólidos solúveis totais (SST) ( $^{\circ}\text{Brix}$ ) e de cinzas de acordo com a AOAC (1995); pH, acidez total titulável (ATT) e umidade de acordo com a metodologia proposta pelo Instituto Adolfo Lutz (2008); teores de açúcares redutores e açúcares solúveis totais de acordo com Miller (1959); teores de vitamina C segundo Strohecker e Henning (1967) e de carotenóides pelo método de Higby (1962). Na caracterização mineral foram realizadas as seguintes análises: teores de cálcio; sódio; potássio; magnésio; ferro; zinco; cobre e manganês segundo a AOAC (1995). Os resultados foram submetidos à análise de variância (ANOVA) e ao teste de Tukey, a 5% de probabilidade (Vieira, 2006).

Para as determinações das isotermas de adsorção as amostras foram pesadas, em triplicata, com massas de 0,50g cada e colocadas em cadrinhos de alumínio, previamente tarados e, então, colocados sobre suporte contido dentro das células isoladas, as quais continham as soluções salinas saturadas, de acordo com Greenspan (1977). A temperatura utilizada para a construção das isotermas foi de  $22,0^{\circ}\text{C} \pm 1,0^{\circ}\text{C}$ . Foram feitas pesagens dos cadrinhos, contendo as amostras, a cada 48 horas até atingirem a umidade de equilíbrio, ou seja, até que não houvesse mais variação de massa, detectada através de pesagem numa balança analítica Mettler H80. As amostras foram então levadas à estufa para determinação do teor de umidade. A umidade de equilíbrio ( $X_{eq}$ ) foi calculada pela diferença entre a massa que a amostra apresentou no equilíbrio e sua massa seca inicial:

$$X_{eq} = \frac{m_o - m_s}{m_s} \quad [1]$$

Onde:  $X_{eq}$  = umidade de equilíbrio (g/100g m.s);  $m_o$  = massa da amostra no equilíbrio (g);  $m_s$  = massa da amostra seca (g).

Para o ajuste matemático dos dados experimentais das isotermas de adsorção foram utilizados os modelos matemáticos de: Brunauer, Emmet e Teller (BET); Guggenheim-Anderson - de Boer (GAB); Henderson; Oswin, representados, respectivamente, pelas Equações 2, 3, 4 e 5:

$$X_{eq} = \frac{X_m \cdot C \cdot a_w}{(1 - a_w)} \cdot \left[ \frac{1 - (n+1) \cdot (a_w)^n + n \cdot (a_w)^{n+1}}{1 - (1 - C) \cdot a_w - C \cdot (a_w)^{n+1}} \right] \quad [2]$$

$$X_{eq} = \frac{X_m \cdot C \cdot K \cdot a_w}{(1 - K \cdot a_w) \cdot (1 - K \cdot a_w + C \cdot K \cdot a_w)} \quad [3]$$

$$X_{eq} = \left[ \frac{-\ln(1 - a_w)}{b} \right]^{\frac{1}{a}} \quad [4]$$

$$X_{eq} = a \cdot \left[ \frac{a_w}{1 - a_w} \right]^b \quad [5]$$

Onde:  $a_w$  = atividade de água;  $X_m$  = conteúdo de umidade na monocamada molecular ( $\text{g } 100\text{g}^{-1}$  de matéria seca);  $X_{eq}$  = conteúdo de umidade de equilíbrio expresso em ( $\text{g } 100\text{g}^{-1}$  de matéria seca);  $C$  = constante de BET relacionada ao calor de sorção da camada molecular;  $a$ ,  $b$  e  $K$  = parâmetros de ajuste.

Os valores do erro ( $E$ ) apresentados na Tabela 4 foram calculados de acordo com a Equação 6 (Kurozawa *et al.*, 2005):

$$E = \frac{100}{n} \sum_{i=1}^n \frac{|M_i - Mp_i|}{M_i} \quad [6]$$

Onde:  $E$  = erro médio relativo;  $M_i$  = valores obtidos experimentalmente;  $M_{pi}$  = valores preditos pelo modelo;  $n$  = número de dados experimentais.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Tabela 1 são apresentados os parâmetros físico-químicos das polpas de manga *in natura* das variedades Rosa e Tommy Atkins. O pH das polpas avaliadas variaram de 3,92 a 3,97, não apresentando diferença significativa a 5% de probabilidade. O valor de 3,92 para o pH, da

**Tabela 1.** Valores médios e desvio padrão dos parâmetros físico-químicos das polpas de manga *in natura* das variedades Rosa e Tommy Atkins

Parâmetros	Rosa	Tommy Atkins
pH	$03,97^a \pm 0,39$	$03,92^a \pm 0,06$
ATT (% ácido cítrico)*	$00,46^a \pm 0,12$	$00,40^a \pm 0,15$
SST ( $^{\circ}\text{Brix}$ )**	$13,90^a \pm 0,82$	$12,60^b \pm 0,23$
Umidade (%)	$83,62^a \pm 1,64$	$83,93^a \pm 1,77$
Cinzas (%)	$00,21^a \pm 0,07$	$00,22^a \pm 0,10$
Açúcares Redutores (%)	$04,25^a \pm 0,57$	$04,10^a \pm 0,61$
Açúcares Totais (%)	$08,55^b \pm 0,72$	$11,28^a \pm 2,61$
Vitamina C ( $\text{mg } 100\text{g}^{-1}$ )	$52,11^a \pm 10,01$	$36,24^b \pm 2,63$
Carotenóides ( $\text{mg } 100\text{g}^{-1}$ )	$02,74^a \pm 1,19$	$01,65^b \pm 0,23$

Médias seguidas pela mesma letra, na linha, não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey ( $p \geq 0,05$ ). \* ATT – acidez total titulável; \*\*SST – sólidos solúveis totais.

variedade Tommy Atkins foi inferior ao observado por Martim (2006) e Santos (2003) que foram respectivamente de 4,41 e 4,11. Esta diferença pode estar relacionada à variedade e ao estádio de maturação do fruto.

Os teores observados de acidez total titulável (ATT) não apresentaram diferença significativa ( $p \geq 0,05$ ) entre as cultivares, enquanto nos valores de sólidos solúveis totais (SST) houve diferença significativa e estes teores foram inferiores aos valores obtidos por Santos (2003) e Mújica-Paz *et al.* (2003) que foram, respectivamente, de 15  $^{\circ}\text{Brix}$  e 16,1  $^{\circ}\text{Brix}$ . Os teores de umidade das variedades Rosa e Tommy Atkins não diferiram estatisticamente entre si ao nível de 5% de probabilidade e, apresentaram teores superiores ao observados por Padilha (2005) que encontrou valores de 80,28% para a variedade Rosa e 83,23% para a variedade Tommy Atkins. Também para o parâmetro de cinzas, não foi observada diferença significativa ( $p \geq 0,05$ ) para as duas variedades analisadas. Os teores de açúcares totais de 8,55 e 11,28% para as variedades Rosa e Tommy Atkins, respectivamente, apresentam-se inferiores aos valores apresentados por Santos (2003) que observou um teor de 11,77% na variedade Tommy Atkins. Quanto aos açúcares redutores, os teores de 4,25% na variedade Rosa e 4,10% na Tommy Atkins, estão dentro da faixa apresentada por Borges e Menegalli (1994), caracterizando a manga como adequada ao processamento. Os teores de vitamina C foram diferentes nas duas variedades sendo a média da variedade Rosa superior a Tommy Atkins. O mesmo ocorreu quanto ao teor de carotenóides, pois a variedade e a Rosa apresentou aproximadamente o dobro do teor encontrado na Tommy Atkins.

Os resultados obtidos para os parâmetros físico-químicos dos pós de mangas das variedades Rosa e Tommy Atkins podem ser visualizados na Tabela 2. Os valores de pH revelam que houve diferença significativa entre os pós de manga, sendo que a Tommy Atkins obteve o maior valor. A ATT, que variou de 2,47 a 4,10%, também foi diferente entre as variedades. Podemos observar uma relação entre a ATT e o pH, verificando que a variedade Rosa,

**Tabela 2.** Valores médios e desvio padrão dos parâmetros químicos e físico-químicos dos pós de polpas de mangas das variedades Rosa e Tommy Atkins

Parâmetros	Rosa	Tommy Atkins
pH	$03,44^b \pm 0,04$	$03,80^a \pm 0,01$
ATT (% ácido cítrico)	$04,10^a \pm 0,80$	$02,47^b \pm 0,20$
Umidade (%)	$14,45^a \pm 0,21$	$13,98^a \pm 0,76$
Cinzas (%)	$01,32^a \pm 0,18$	$01,59^a \pm 0,25$
Açúcares Redutores (%)	$36,32^a \pm 0,90$	$29,14^b \pm 1,91$
Açúcares Totais (%)	$40,47^a \pm 3,24$	$39,42^a \pm 3,34$
Vitamina C ( $\text{mg}/100\text{g}$ )	$76,57^a \pm 8,91$	$36,22^b \pm 9,22$

Médias seguidas pela mesma letra, na linha, não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey ( $p \geq 0,05$ ).

que apresentou pH menor, teve a maior ATT, e, a amostra da variedade Tommy Atkins, que apresentou um pH maior foi a de menor ATT.

Os teores de umidade que eram de 83,62% e 83,93% para as polpas das variedades Rosa e Tommy Atkins, respectivamente, reduziram-se para 14,45% e 13,98%, não apresentando diferença significativa em nível de 5% de probabilidade. Para os teores de cinzas não houve diferença significativa ( $p \geq 0,05$ ). Observa-se um aumento importante nos teores de açúcares redutores e totais com a desidratação realizada, aumentando esta variação de 4,10 a 4,25% para 29,14 a 36,32% para o parâmetro de açúcares redutores e, de 8,55 a 11,28% para 39,42 a 40,47% para o parâmetro de açúcares totais. Este fato, segundo Pina (2003), pode estar relacionado ao tratamento térmico empregado e ao aumento da ATT.

As amostras de pós de manga apresentaram teores de vitamina C de 76,57 mg 100g<sup>-1</sup> para o pó de manga Rosa e, 36,22 mg 100g<sup>-1</sup> para o pó de manga Tommy Atkins. Deve-se notar, todavia, que a composição de vitaminas de frutas é influenciada pelo solo, clima, regime pluvial, o grau de maturação e a temperatura (Lima, 2007).

Na Tabela 3 podem ser observados os valores da composição mineral dos pós de manga Rosa e Tommy Atkins. Os teores do cálcio variaram de 393,15 a 513,32 mg 100g<sup>-1</sup>, sendo obtida diferença estatística significativa ( $p < 0,05$ ). Com isto, se compararmos a ingestão diária recomendada para este mineral, que é de 1000mg para adultos (Brasil, 2004), com os valores encontrados para estes pós de manga, pode ser observado que as 100 g de pós das mangas Rosa e Tommy Atkins representam 39,31% e 51,33% da ingestão diária recomendada (IDR) para adultos, respectivamente.

Os teores de sódio variaram de 233,33 a 272,00 mg 100g<sup>-1</sup> entre as variedades estudadas, não havendo diferença entre elas ( $p \geq 0,05$ ). O teor de potássio variou de 7276,67 a 8016,67 mg 100g<sup>-1</sup> e, o de magnésio variou de 911,94 a 939,97 mg 100g<sup>-1</sup>, ambos similares entre as variedades ( $p \geq 0,05$ ). Os teores de ferro também foram simila-

res nas variedades. Nota-se que os teores de zinco (Zn) variaram de 4,88mg 100g<sup>-1</sup> para variedade Tommy Atkins a 5,03mg 100g<sup>-1</sup> para Rosa, sendo contudo estatisticamente iguais. Os teores de cobre e manganês, também apresentados na Tabela 3, variaram de 7,97 a 8,25 mg 100g<sup>-1</sup> e 1,55 a 4,29 mg 100g<sup>-1</sup> respectivamente, também não havendo diferença estatística para o teor de cobre ( $p \geq 0,05$ ), porém para o parâmetro de manganês foi observada diferença significativa.

A Tabela 4 apresenta os valores dos parâmetros para os modelos matemáticos ajustados aos dados experimentais, além dos valores dos coeficientes de correlação e erro médio. De acordo com os valores de R<sup>2</sup> observa-se que todas as equações se ajustaram bem às isotermas de adsorção das duas variedades de manga, porém para a avaliação do melhor ajuste, levou-se em consideração o menor valor do erro médio relativo (E). O modelo de GAB foi aquele que melhor se ajustou para as variedades com erro de 6,70 e 5,72% respectivamente. Os demais modelos apresentaram o erro médio relativo acima do padrão, ou seja, superiores a 10%.

No que se refere ao conteúdo de umidade na monocamada molecular ( $X_m$ ) para as variedades Rosa e Tommy Atkins encontradas pelos modelos aplicados observa-se que o modelo de BET foi o que apresentou os mais altos valores onde variou de 74,45 a 79,71 para as duas variedades. Os valores para os modelos de GAB, Henderson e Oswin foram inferiores ao de BET e variaram respectivamente de 0,1024 a 0,1059; 1,079 a 1,146; 0,1852 a 0,2002. Isto mostra que as variedades de mangas analisadas apresentam praticamente a mesma hidroscopidez quando o valor é calculado por meio destes modelos.

A constante de sorção (C) variou de 17,16 a 33,81 para o modelo de GAB, de 0,001843 a 0,002038 para o modelo de BET e de 4,2371 a 4,3070 para o modelo de Henderson. Anselmo *et al.* (2006) utilizando o modelo de Henderson modificado por Matam encontraram valores de constantes de sorção para o cajá em pó de 8,3060; 20,8410; 0,5995; 24,4120; 13,0160 nas temperaturas de 10; 20; 30; 40; e 50°C

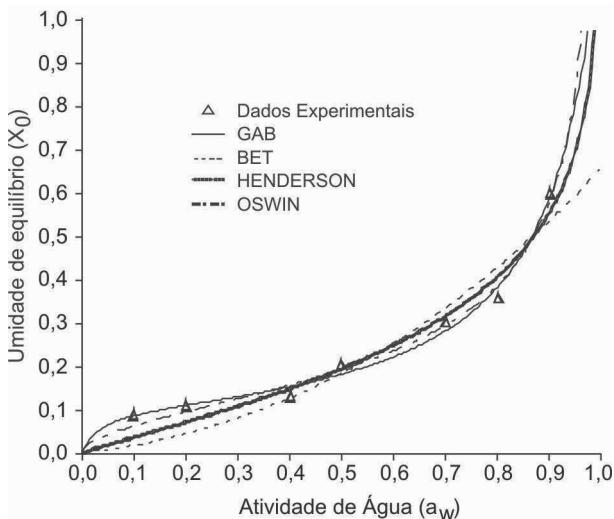
**Tabela 3.** Valores médios e desvios padrão dos parâmetros minerais dos pós de polpa de mangas das variedades Rosa e Tommy Atkins

Parâmetros	Pós de manga	
	Variedade Rosa	Variedade Tommy Atkins
Cálcio (mg 100g <sup>-1</sup> )	393,15 <sup>b</sup> ± 92,00	513,32 <sup>a</sup> ± 83,00
Sódio (mg 100g <sup>-1</sup> )	233,33 <sup>a</sup> ± 39,97	272,00 <sup>a</sup> ± 80,28
Potássio (mg 100g <sup>-1</sup> )	7276,67 <sup>a</sup> ± 875,16	8016,67 <sup>a</sup> ± 443,18
Magnésio (mg 100g <sup>-1</sup> )	939,97 <sup>a</sup> ± 77,82	911,94 <sup>a</sup> ± 49,98
Ferro (mg 100g <sup>-1</sup> )	11,82 <sup>a</sup> ± 3,01	8,74 <sup>a</sup> ± 1,06
Zinco (mg 100g <sup>-1</sup> )	5,03 <sup>a</sup> ± 1,25	4,88 <sup>a</sup> ± 1,29
Cobre (mg 100g <sup>-1</sup> )	7,97 <sup>a</sup> ± 4,31	8,25 <sup>a</sup> ± 1,10
Manganês (mg 100g <sup>-1</sup> )	1,55 <sup>b</sup> ± 0,60	4,29 <sup>a</sup> ± 1,08

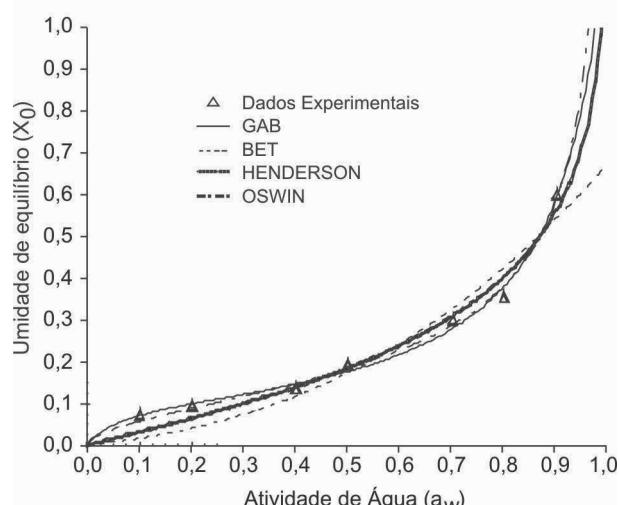
Médias seguidas pela mesma letra, na linha, não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey ( $p \geq 0,05$ ).

**Tabela 4.** Parâmetros dos ajustes dos modelos das isotermas de adsorção das variedades Rosa e Tommy Atkins em pó, coeficientes de correlação ( $R^2$ ) e os erros médios relativos (%E)

Modelos	Marcas	Parâmetros			$R^2$	E (%)
GAB	'Rosa'	$X_m$	C	K		
	'Tommy Atkins'	0,1059 0,1024	33,81 17,16	0,9203 0,9229	0,989 0,993	6,70 5,72
BET	'Rosa'	$X_m$	C	n		
	'Tommy Atkins'	79,71 74,45	0,002038 0,001843	2,447 2,698	0,904 0,924	26,90 27,98
Henderson	'Rosa'	a	b			
	'Tommy Atkins'	1,146 1,079	4,3070 4,2371		0,957 0,969	19,25 16,65
Oswin	'Rosa'	a	b			
	'Tommy Atkins'	0,2002 0,1852	0,5029 0,5286		0,986 0,992	11,38 7,75



**Figura 1** - Isoterma de adsorção da polpa em pó da variedade Rosa para os modelos de BET, GAB, Henderson e Oswin a 22 °C.



**Figura 2** - Isoterma de adsorção da polpa em pó da variedade T. Atkins para os modelos de GAB, BET, Henderson e Oswin a 22 °C.

respectivamente, valores estes, em sua maioria, superiores aos encontrados em nosso trabalho.

Observa-se, nas Figura 1 e 2, que a exposição dos dados experimentais colaborou para que houvesse uma maior diferenciação entre os modelos aplicados. Somente o modelo de GAB apresentou um ajuste favorável aos dados experimentais. Os maiores resíduos (diferença entre os dados experimentais e o modelo) se apresentam na atividade de água entre 0,1 a 0,5. O modelo de BET não teve um ajuste satisfatório aos dados de atividade de água nessa faixa como reportado por (Anselmo et al., 2006; Iglesias & Cherife, 1978). Dentre os modelos aplicados, os de GAB e Oswin tiveram um bom comportamento ao ajuste dos dados experimentais em toda a faixa de atividade de água.

As isotermas de adsorção dos pós de manga Rosa e Tommy Atkins mostram a sua importância para o estudo do comportamento higroscópico, da composição físico-química e do desenvolvimento de novos produtos e de novas embalagens de frutas desidratadas na forma de pó.

## CONCLUSÕES

No que se referem aos parâmetros da composição físico-química das variedades estudadas, de maneira geral não ocorreu grandes variações nos teores encontrados, com exceção para o teor de vitamina C que variou de 52,11 a 36,24 respectivamente para Rosa e Tommy Atkins.

As maiores concentrações de minerais determinadas de potássio, cálcio e sódio foi para variedade Tommy Atkins.

A higroscopicidade dos pós de manga Rosa e Tommy Atkins apresentaram uma similaridade no comportamento durante a construção das isotermas de adsorção, onde a maior capacidade higroscópica foi observada nos valores de  $a_w$  a partir de 0,70.

Os modelos de GAB e Oswin tiveram um ajuste satisfatório na predição das isotermas de adsorção da manga em pó, com valores de  $R^2$  superiores a 0,96 e com % E inferiores a 10%, exceto para o pó de manga Rosa.

## AGRADECIMENTOS

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico pela ajuda financeira e ao Departamento de Tecnologia de Alimentos da Universidade Federal do Ceará pelo suporte científico.

## REFERÊNCIAS

- Anselmo, GCS, Mata, MERM, Arruda, PC & Sousa, MC (2006) Determinação da higroscopicidade do cajá em pó por meio da secagem por atomização. Revista de Biologia e Ciência da Terra, 6: 58-65.
- AOAC - Association Of Official Analytical Chemists. Official methods of analysis association of official (1995) Analytical Chemistrs, Washington, D.C, 2:16-18.
- Borges, SV & Menegalli, FC (1994) Influência da desidratação osmótica sobre a cinética de secagem de manga. Pesquisa Agropecuária Brasileira, 29: 637-642.
- Brandão, MCC, Maia, GA, Lima, DP, Parente, EJS, Campello, CC, Nassu, RT, Feitosa, T & Sousa, PHM (2003) Análise físico química, microbiológica e sensorial de frutos de manga submetidos à desidratação osmótico solar. Revista Brasileira de Fruticultura, 25: 38-41.
- Brasil (2004) Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Consulta Pública nº 80, de 13 de dezembro de 2004. Dispõe “sobre o regulamento técnico sobre a ingestão diária recomendada (IDR) de proteína, vitaminas e minerais”, Diário Oficial da União. p.1-4.
- Carlos, LA, Resende, JV & Cal-Vidal, J (2005) Redução da higroscopicidade de pós liofilizados pela indução da cristalização em soluções-modelo de açúcares constituintes de frutas. Brazilian Journal of Food Technology, 8: 163-173.
- Greenspan, L (1977) Humidity fixed points of binary saturated aqueous solutions. Journal of Research of the National of Standards A. Physics and Chemistry, 81: 89-96.
- Higby, WK (1962) A simplified method for determination of some the carotenoid distribution in natural and carotene-fortified orange juice. Journal of Food Science, 27:42-49.
- Iglesias, HA & Cherife, J (1978) An empirical equation for fitting water sorption isotherms of fruits and related products. Journal Food Science, 11: 12-16.
- Instituto Adolfo Lutz (2008) Métodos físico-químicos para análise de alimentos. 4.ed./1.ed.digital. São Paulo: Instituto Adolfo Lutz, 1020p.
- Kurozawa, LE, El-Aouar, AA, Mur, FEX (2005) Obtenção de isotermas de cogumelo in natura e desidratado osmoticamente. Revista Ciência e Tecnologia de Alimentos, 25: 828 -834.
- Lima, AB (2007) Qualidade de manga Tommy Atkins orgânica colhida sob boas práticas agrícolas, tratada com extrato de erva-dece e fécula de mandioca. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal da Paraíba, Areia, 144p.
- Martim, NSPP. Estudo das características de processamento da manga (*Mangifera indica* L.) variedade Tommy Atkins desidratada. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal do Paraná. Curitiba, 2006. 94p.
- Miller, GL (1959) Use of dinitrosalicylic acid reagent for determination of reducing sugars. Analytical Chemistry, 31: 426-428.
- Mújica-Paz, H, Valdez-Fragoso, A, López-Malo, A, Palou, E & Welti-Chanes, J (2003) Impregnation properties of some fruits at vacuum pressure. Journal of Food Engineering, 56: 307-314.
- Padilha, MRF (2005) Compostos bioativos em mangas (*Mangifera indica* L): influência da cultivar, do estádio de maturação e do tratamento pós-colheita. Tese de Doutorado. Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 121p.
- Pina, MGM, Maia, GA, Souza Filho, MSM, Figueiredo, RW & Monteiro, JCS (2003) Processamento e conservação de manga por métodos combinados. Revista Brasileira de Fruticultura, 25: 63-66.
- Santos, CNP (2003) Elaboração de um estruturado de polpa de manga (*Mangifera indica* L. cv *Tommy Atkins*) parcialmente desidratada por osmose. Dissertação de Mestrado, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 79p.
- Soares, EC, Oliveira, GSF, Maia, GA, Monteiro, JCS, Silva Jr, A, S. Filho, MSS (2001) Desidratação da polpa de acerola (*Malpighia emarginata* D. C.) pelo processo “foam-mat”. Revista Ciência e Tecnologia de Alimentos, 21: 164-170.
- Strohecker, R. & Henning, HM (1967) Análisis de vitaminas: métodos comprobados. Madrid: Paz Montalvo, 428 p.
- Vieira, S (2006) Análise de Variância: (Anova). São Paulo: Atlas, 204p.