

## **Sorção de Umidade de Bandejas Biodegradáveis a Base de Amido de Mandioca e Bagaço de Malte**

**Léa Rita Pestana Ferreira Mello<sup>1</sup>, Renata Machado Vergílio<sup>1</sup> e Suzana Mali<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Universidade Estadual de Londrina – Departamento de Bioquímica e Biotecnologia  
Caixa Postal 6001 – 95070-560 Londrina – Pr - E-mail: learital@yahoo.com.br

### **RESUMO**

*O objetivo deste trabalho foi produzir bandejas biodegradáveis a partir de amido de mandioca e bagaço de malte, resíduo fibrosos da indústria cervejeira, e caracterizá-las quanto a sua capacidade de sorção de água através da análise das isotermas e cinéticas de sorção de água. Para obtenção das bandejas foi empregado o processo de termoformagem, com formulações de bandejas de amido de mandioca com concentrações de 5 a 20% (p/p) do bagaço de malte. Observou-se pelas isotermas de sorção das bandejas que o aumento da umidade de equilíbrio das amostras foi mais acentuado sob UR acima de 75%, e que a adição de fibras na concentração de 10% levou ao decréscimo da higroscopicidade das bandejas de amido. Estes resultados mostraram que o bagaço de malte apresenta elevado potencial para ser utilizado como reforço em bandejas a base de amido.*

**Palavras-chave:** Bandejas, amido de mandioca, bagaço de malte, fibras lignocelulósicas.

### **INTRODUÇÃO**

Embalagens de amido vêm sendo estudadas nos últimos anos como uma alternativa promissora no mercado de materiais biodegradáveis, entretanto, embalagens compostas exclusivamente amido são sensíveis ao contato direto com água. Porém, consta de uma matéria-prima bastante interessante, já que pode ser empregada na produção de embalagens rígidas, flexíveis e expandidas, desde que em combinação com outros aditivos, como por exemplo as fibras lignocelulósicas.<sup>1</sup> O bagaço de malte é o principal resíduo da indústria cervejeira, representando cerca de 85% do total dos subprodutos gerados nesta indústria, é um material rico em fibras e proteínas é considerado um material lignocelulósico contendo aproximadamente 17% de celulose, 28% de hemicelulose e 28% de lignina<sup>2</sup>, e constitui uma matéria prima de interesse para ser empregada em misturas com o amido para a obtenção de materiais biodegradáveis.

Portanto, o objetivo deste trabalho foi produzir bandejas biodegradáveis a partir de amido de mandioca e bagaço de malte, resíduo fibrosos da indústria cervejeira, e caracterizá-las quanto a sua capacidade de sorção de água através da análise das isotermas e cinéticas de sorção de água.

### **MATERIAL E MÉTODOS**

O bagaço de malte fornecido pela Microcervejaria Fábrica 1 (Londrina – PR) foi seco em estufa de circulação de ar (Marconi MA 035) a 60 °C / 48 horas, moído (moinho IKA-A 11 Basic Mill-São Paulo) e submetido a tamises de malhas entre 48 e 80 mesh (- 180-300 micrometros) antes de ser usado. Foram produzidas por termoformagem bandejas biodegradáveis de amido de mandioca e bagaço de malte, com diferentes concentrações de bagaço (0, 5, 10, 15 e 20%), empregando-se glicerol como plastificante (10%).



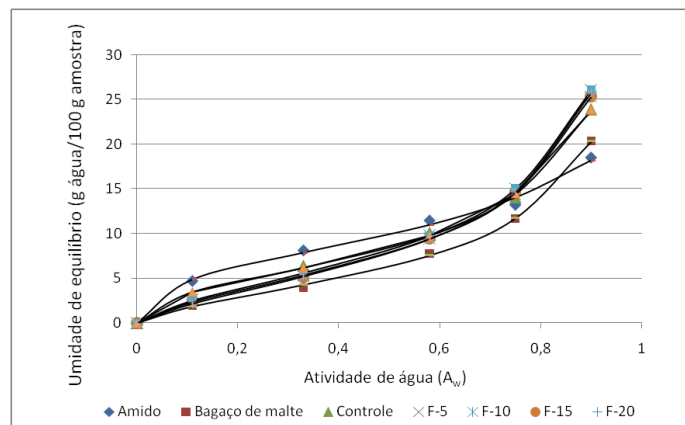
As isothermas e as cinéticas de sorção de umidade foram determinadas em triplicata utilizando-se corpos de prova das bandejas, do amido e do bagaço (0,5 g), que foram pesados em pesa-filtros de alumínio previamente tarados. Todas as amostras foram secas em estufa com circulação de ar (Marconi MA 035, Brasil) a 50 °C por 24 h e mantidas em dessecadores contendo CaCl<sub>2</sub> anidro e sílica gel, a 25 °C, por 15 d. Para a determinação das isothermas, as amostras foram condicionadas em dessecadores contendo diferentes soluções saturadas de sais, que varreram a faixa de atividade de água ( $a_w$ ) entre 0,11 e 0,90<sup>3</sup> sob temperatura de 25 °C, por 7 d, quando a umidade de equilíbrios das amostras foi alcançado. Para a determinação das cinéticas, as amostras foram condicionadas em dessecadores contendo soluções saturadas de sais sob três diferentes umidades relativas (URs) de armazenamento (33, 58 e 90 %)<sup>3</sup>. A umidade de equilíbrio das amostras foi determinada através de método de secagem em estufa a 105 °C segundo métodos da AOAC<sup>4</sup>.

As isothermas foram obtidas pela plotagem dos dados de umidade no equilíbrio *versus* a  $a_w$ , e foi utilizado o modelo de Guggenheim - Anderson - de Boer (GAB)<sup>5</sup> para ajuste de dados e os valores de monocamada foram calculados conforme a equação:  $M = m_0CKa_w / (1 - Ka_w)(1 - Ka_w + CKa_w)$ , onde  $M$  é a umidade de equilíbrio (g água/g de massa),  $a_w$  a atividade de água,  $m_0$  é o valor de monocamada e  $C$  e  $K$  são constantes de GAB. Os dados das cinéticas foram ajustados de acordo com o modelo matemático sugerido por Peleg<sup>6</sup>:  $M_{(t)} = M_0 + (t / (k_1 + k_2t))$ , onde  $M_{(t)}$  é a umidade final,  $M_0$  é a umidade inicial e  $k_1$  é a constante de velocidade (h/(g água/g de massa)) e  $k_2$  é a constante de capacidade (g massa/g água). Os parâmetros do modelo de GAB e Peleg foram determinados por regressão não-linear, usando o Software Statistica 7.0 (Satssoft, Oklahoma, EUA).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

As isothermas de sorção de umidade das bandejas de amido de mandioca e do bagaço de malte estão apresentados na Figura 1.

**Figura 1** - Isothermas de sorção do amido de mandioca, do bagaço de malte e das bandejas produzidas (Controle, F5, F10, F15 e F20). As linhas correspondem aos valores previstos pelo modelo de GAB.



Todas as amostras apresentaram padrões de isothermas semelhantes, com formato sigmóide padrão, e com aumento da umidade de equilíbrio em função do aumento da atividade

de água. A amostra controle (100 g de amido/100 g sólidos) apresentou maior capacidade de sorção de água sob baixa  $a_w$  (0,11 e 0,33) e menor sorção de água em 0,90 de  $a_w$ , comportamento oposto ao observado nas amostras das bandejas com adição do bagaço. Os valores dos parâmetros de GAB calculados para o amido, o bagaço de malte e para as bandejas estão apresentados na tabela 1. Pode-se perceber que o bagaço de malte apresentou o menor valor de monocamada dentre as amostras analisadas, e que o amido o maior valor (Tabela 1). As bandejas produzidas apresentaram valores intermediários entre o amido e o bagaço, e dentre as bandejas produzidas, a amostra F10 apresentou o menor valor de monocamada (0,042 g/g) e o mais alto foi observado para as bandejas F5 e F20 (0,053 g/g) (Tabela 1), mostrando que o bagaço diminuiu a capacidade de sorção de água das bandejas até um certo limite, mas que quando adicionado em excesso pode exercer efeito contrário.

**Tabela 1** - Parâmetros do modelo de GAB\* para as amostras de amido de mandioca, bagaço de malte e das bandejas produzidas.

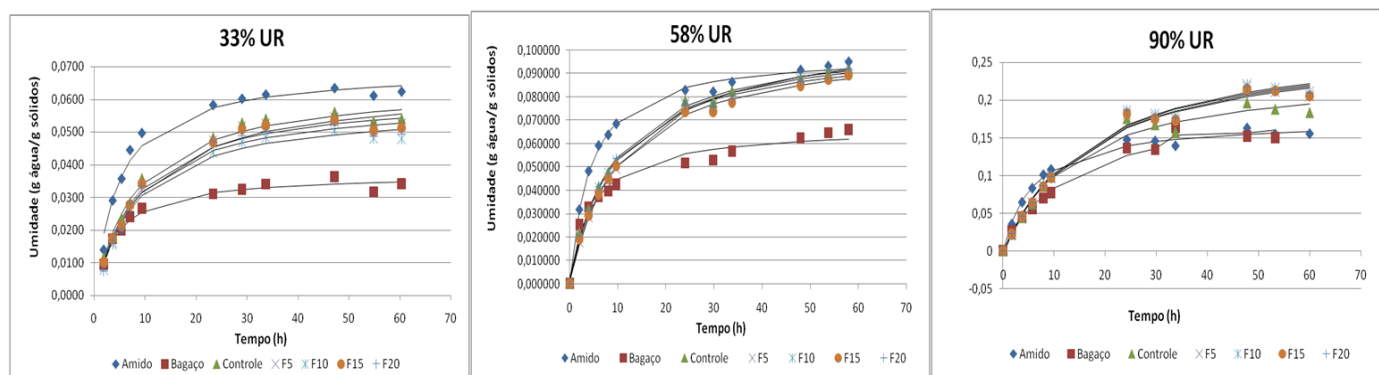
\* $M = m_0CK_{a_w} / (1 - K a_w) (1 - K a_w + CK_{a_w})$ , onde  $M$  é o teor de umidade de equilíbrio em uma atividade da água ( $a_w$ ),  $m_0$  é o valor de monocamada (g de água / g de sólidos),  $C$  e  $K$  são constantes de GAB.

Os resultados das cinéticas de sorção de água estão apresentados na Figura 2, e os

Amostras	Monocamada ( $m_0 - g/g$ )	C	K	R <sup>2</sup>
<b>Amido</b>	0,070	21,65	0,69	0,99
<b>Bagaço</b>	0,042	5,95	0,88	0,99
<b>Controle</b>	0,051	14,71	0,87	0,99
<b>F5</b>	0,053	6,68	0,89	0,99
<b>F10</b>	0,049	8,40	0,90	0,99
<b>F15</b>	0,052	6,24	0,88	0,99
<b>F20</b>	0,053	5,26	0,89	0,99

parâmetros do modelo de Peleg na Tabela 2.

**Figura 2** - Cinética de sorção de umidade do amido, do bagaço de malte e das bandejas produzidas. As linhas correspondem aos valores previstos pelo modelo de Peleg.



As curvas de cinética mostraram que a sorção de água foi mais rápida nas fases iniciais do armazenamento (0-12 h) e menores com o aumento de tempo (Figura 2). Após 30 h de armazenamento sob as URs de 33% e 58%, as amostras alcançaram um platô, indicando o



equilíbrio. Para as amostras armazenadas sob UR de 90%, o platô foi atingido após 50 h. Os parâmetros de Peleg,  $k_1$  e  $k_2$  (Tabela 2), onde  $K_1$  está relacionado com a velocidade inicial de sorção de água e  $k_2$  com a capacidade máxima de sorção de água da amostra, confirmaram que o bagaço de malte diminuiu a capacidade de sorção de água das bandejas, em especial nos tempos iniciais de armazenamento.

**Tabela 2** - Parâmetros do modelo de Peleg\* para as amostras de amido de mandioca, bagaço de malte e das bandejas produzidas.

\*  $M(t) = M_0 + (t/(k_1 + k_2t))$ , onde  $M(t)$  é a umidade final,  $M_0$  é a umidade inicial e  $k_1$  é a constante de velocidade (h/(g água/g de massa)) e  $k_2$  é a constante de capacidade (g massa/g água).

### CONCLUSÕES

Através dos resultados obtidos, pode se concluir que a incorporação de fibras

Amostras	33% UR		58% UR		90% UR	
	$K_1$	$K_2$	$K_1$	$K_2$	$K_1$	$K_2$
<b>Amido</b>	63,5	14,02	43,42	10,15	34,04	5,65
<b>Bagaço</b>	111,9	26,4	79,17	15,51	67,85	5,12
<b>Controle</b>	125,7	15,2	92,66	9,54	52,87	4,10
<b>F5</b>	143,2	15,6	108,2	9,15	58,47	3,5
<b>F10</b>	132,4	16,8	94,39	9,61	56,99	3,44
<b>F15</b>	128,8	15,88	102,47	9,79	58,21	3,56
<b>F20</b>	125,2	16,14	90,63	9,81	57,04	3,49

lignocelulósicas (presentes no bagaço de malte) às matrizes de amido pode levar ao decréscimo da higroscopicidade destes materiais, mas, quando colocadas em excesso, podem aumentar a sua sensibilidade à umidade.

### REFERÊNCIAS

- (1) MALI, S.; DEBIAGI, F.; GROSSMANN, M. V. E.; YAMASHITA, F. Starch, sugarcane bagasse fibre, and polyvinyl alcohol effects on extruded foam properties: A mixture design approach. **Industrial Crops and Products**, v. 32, p. 353–359, 2010.
- (2) MUSSATTO, S. I.; DRAGONE, G.; ROBERTO, I. C. Brewers' spent grains: generation, Characteristics and potencies' applications. **Journal of Central Science**, v. 4, p. 1-14, 2006.
- (3) ROCKLAND, L. B. Saturated salt solutions for static control of relative humidity between 5° and 4 ° C. **Anal. Chem.** 32, 1375-1376, 1960.
- (4) AOAC. **Official Methods of Analysis**. 14th ed. Washington, USA: Ass. Off. Analytical. Chem. 2003.
- (5) BIZOT, H. Using the GAB model to construct sorption isotherms. In: Jowitt, R., Escher, F., Hallstrom, B., Meffert, H.F.T., Spiess, W.E.L., Vos, G. (Eds.), **Physical Properties of Foods. Applied Science Publishers**, p. 27-41, 1984.
- (6) PELEG, M. An empirical model for the description of moisture sorption curves. **Journal of Food Science**, 53, 1216–1217, 1988.