

AVALIAÇÃO DA RESISTÊNCIA À UMIDADE DE BANDEJAS DE ESPUMA DE AMIDO DE MANDIOCA REVESTIDAS COM POLI(ÁCIDO LÁTICO)

Fernanda Stoffel*, Eduarda Francine Weschenfelder, Luciani Tatsch Piemolini-Barreto, Mára Zeni

Área do conhecimento de Ciências Exatas e Tecnologias, Universidade de Caxias do Sul, Caxias do Sul, Brasil. Correo electrónico: fernanda.stoffel@hotmail.com

Recebido: Mayo 2017; Aceito: Agosto 2017

RESUMO

Neste trabalho, bandejas de espuma de amido de mandioca/poli(álcool vinílico) (PVA) foram obtidas pelo método de expansão térmica e revestidas com solução de poli(ácido lático) (PLA) em diferentes concentração (10; 12,5 e 15% m/v). O efeito do revestimento sobre as propriedades de barreira contra umidade foi avaliado através de ensaios de capacidade de absorção de água, medida de ângulo de contato e isotermas de sorção de umidade com os dados experimentais ajustados aos modelos matemáticos propostos por Guggenheim, Anderson, de Boer (GAB), *Brunauer-Emmet-Teller* (BET), *Oswin*, *Hasley* e por *Jaafar*. Bandejas com revestimento de PLA a 15% absorveram menos água, apresentaram maior medida de ângulo de contato e ainda a menor umidade de equilíbrio. Em relação aos modelos matemáticos, o modelo de *Oswin* desenvolveu o melhor ajuste, sendo considerado adequado para prever o comportamento do material frente à diferentes condições de umidade. De maneira geral, a aplicação do revestimento apresentou resultado positivo no aumento da resistência das bandejas de amido de mandioca/PVA à umidade.

Palavras-chave: amido de mandioca, bandejas, expansão térmica, poli(ácido lático), isotermas de sorção.

ABSTRACT

In this work, cassava starch/poly(vinyl alcohol) (PVA) foam trays were obtained by thermal expansion method and coated with poly(lactic acid) (PLA) solution at different concentrations (10, 12.5 and 15% w/v). The effect of the coating on the moisture barrier properties was evaluated by water absorption capacity, contact angle measurement and moisture sorption isotherms with the experimental data fit to the mathematical models proposed by *Guggenheim*, *Anderson*, *De Boer* (GAB), *Brunauer-Emmet-Teller* (BET), *Oswin*, *Hasley* and *Jaafar*. Trays with 15% PLA coating absorbed less water, had a higher contact angle and even lower equilibrium moisture. In relation to the mathematical models, the *Oswin* model developed the best fit, being considered adequate to predict the behavior of the material in front of the different humidity conditions. In general, the application of the coating showed a positive result in increasing the resistance of the cassava starch/PVA trays to moisture

Keywords: Cassava starch, trays, thermal expansion, poly(lactic acid), sorption isotherms.

INTRODUÇÃO

As embalagens desempenham um papel fundamental no setor de alimentos, pois atuam como barreira contra agentes responsáveis pela deterioração química, física e microbiológica, além de acondicionar, conservar e manter a qualidade e segurança dos alimentos [1].

Dentre os polímeros amplamente utilizados na constituição de embalagens alimentícias descartáveis, de uso único, encontra-se o poli(estireno) expandido (EPS), usado devido às suas características de baixa densidade, isolamento térmico e baixo custo [2, 3]. Apesar das excelentes propriedades do EPS, o descarte descontrolado e o longo tempo de degradação de materiais poliméricos não biodegradáveis, provenientes de fontes fósseis, tem se tornado um problema ambiental [3]. Por tanto, surge o interesse em embalagens alternativas, produzidas a partir de

recursos renováveis e biodegradáveis [3 – 8].

Biopolímeros, como o amido, apresentam potencial para serem utilizados na produção de materiais biodegradáveis devido a sua abundância na natureza, além de serem de baixo custo e atóxicos [3,5,7]. No intuito de substituir embalagens de EPS, trabalhos demonstram o desenvolvimento de espumas de amido, que podem ser obtidas por meio de extrusão ou expansão térmica dentro de um molde aquecido. Durante o processo de expansão térmica, a matriz de amido colocada num molde fechado e aquecido, gelatiniza-se, expande e seca [3,8].

Porém, espumas de amido apresentam desvantagens que limitam a sua utilização, como a baixa resistência à umidade [3–5, 7–9]. Algumas pesquisas demonstram a utilização de diferentes revestimentos para a diminuir a absorção de água por materiais a base de amido. *Schimidt e Laurindo* [9] observaram que bandejas base de amido expandido tiveram sua absorção de água reduzida em até 66% através da sua impregnação com acetato de amido dissolvido em clorofórmio nas concentrações de 1:3 ($\text{g}\cdot\text{mL}^{-1}$), 1:5 ($\text{g}\cdot\text{mL}^{-1}$) e 1:10 ($\text{g}\cdot\text{mL}^{-1}$). Em outro trabalho, *Bergel et al.* [3] revestiram bandejas a base de espuma de amido com solução de 2% (m/v) de quitosana em ácido acético a 1% (v/v), seguida da aplicação de solução aquosa de glutaraldeído 0,5% (v/v), obtendo uma redução de 50% na absorção de água.

Van Tull et al. [10] relatam o potencial do poli(ácido láctico) (PLA), um poliéster alifático linear, para aplicação em embalagens, pois é biodegradável, comercialmente disponível e seguro para utilização como material de contato com alimentos, podendo ser utilizado inclusive para revestimento de superfícies por apresentar resistência à umidade e propriedades de barreira contra gases e vapor de água, propriedades consideradas como requisitos para os materiais de embalagem de alimentos [11, 12].

Estudos realizados por *Rhim et al.* [11] e *Archaviboonyobul et al.* [13] avaliaram o efeito do revestimento de PLA na resistência à umidade de amostras de papel-cartão. Os resultados demonstram que todas as propriedades de barreira analisadas no experimento melhoraram através do revestimento da superfície com PLA. De acordo com os autores, o aumento na resistência à umidade dos papéis-cartão revestidos ocorre devido à hidrofobicidade do PLA. Estudos demonstrando o revestimento de bandejas de espuma de amido de mandioca com PLA são escassos.

Uma das propriedades de interesse para aplicação de materiais biopoliméricos em embalagens de alimentos são as isotermas de sorção de umidade. Seu conhecimento é de interesse para o design de embalagens, conhecimento de sua qualidade e estabilidade, e para mensurar mudanças de umidade que podem ocorrer durante o armazenamento, entre outras utilidades [14]. No estudo das isotermas de sorção, os dados obtidos experimentalmente são ajustados à modelos matemáticos propostos na literatura com o objetivo de prever as características de sorção dos

materiais [15]. Dados da literatura reportam que o modelo mais utilizado para ajuste matemático de isotermas de sorção de umidade de bandejas de espuma de amido é o modelo de GAB [8, 16, 17], inclusive *Schmidt & Laurindo* [9] utilizaram este modelo para ajustar os dados de isotermas de sorção de bandejas de amido impregnadas com acetato de amido. Porém não há estudos que demonstrem a realização do ajuste a outros modelos disponíveis na literatura e usualmente utilizados para materiais biológicos e alimentos.

Diante do exposto, este trabalho teve como objetivo produzir bandejas de espuma compostas por amido de mandioca/poli(álcool vinílico) (PVA), revestidas com PLA e avaliar o efeito do revestimento na resistência a umidade, através de análises de capacidade de absorção de água, ângulo de contato e isotermas de sorção de umidade, ajustando os dados obtidos experimentalmente diferentes modelos matemáticos.

PARTE EXPERIMENTAL

Materiais. Bandejas de espuma amido foram preparadas com amido de mandioca tipo cetim (*Unidasul Alimentos Co.*), água destilada, poli(álcool vinílico) (PVA) (85.300 Da; 86,5–89,5% hidrolisado) (*Vetec*®), goma guar (*Danisco*®), estearato de magnésio (*Labsynth*®). Solução de poli(ácido lático) (PLA) (*Cargill*®) em clorofórmio (*Vetec*®) foi aplicada sobre as bandejas de espumas de amido como revestimento.



Figura 1. Processo de expansão térmica utilizado para obtenção das espumas de amido de mandioca.

Obtenção das bandejas a base de espuma de amido. Para obtenção das bandejas à base de espuma de amido de mandioca foi utilizada a metodologia proposta por *Stoffel et al.* [8], através de expansão térmica de uma mistura contendo amido de mandioca (47,5% (m/m)) e água destilada (52,5% (m/m)). Esta foi adicionada de PVA (5% sobre a massa de amido), goma guare estearato de magnésio (ambos 1% sobre a massa de amido). A mistura foi homogeneizada com misturador mecânico por 20 min. Porções de 20 g foram inseridas no interior de um molde metálico (140·140·2 mm, revestido com *Teflon*® e com 9 saídas para degasagem), pré-aquecido a 170°C e submetido a expansão térmica em prensa hidráulica a 170°C, 2 t, por 3 a 5 min (Figura 1). Após, as bandejas

foram removidas do molde e mantidas em ambiente a $23 \pm 2^\circ\text{C}$ e umidade relativa (UR) 55%.

Revestimento das bandejas. As bandejas foram revestidas com poli(ácido láctico) (PLA) em solução, nas concentrações de 10; 12,5 e 15% (m/v), através do método descrito por *Schimidt e Laurindo* [9], com modificações. As soluções de PLA foram preparadas conforme metodologia adaptada de *Rhim et al.* [18]. O PLA foi seco em estufa a 40°C por 24 h e dissolvido em clorofórmio, sob agitação, a $23 \pm 2^\circ\text{C}$, durante 2 h. As bandejas foram imersas lentamente nas soluções de PLA, num tempo de 30 s. Após, mantidas a $23 \pm 2^\circ\text{C}$ para evaporação do solvente.

Análises de caracterização quanto a resistência à umidade

Capacidade de absorção de água (CCA). A análise CCA foi realizada de acordo com o método de *Cobb* [19]. As amostras, em triplicata, com dimensões de 25·50 mm foram pesadas e imersas em 100 ml de água destilada durante 1, 15, 30 e 60 min. Após a remoção do excesso de água com auxílio de papel absorvente, as amostras foram novamente pesadas em balança analítica. A quantidade de água adsorvida pela amostra foi calculada como a diferença de massa e expressa como a massa de água absorvida por massa do inicial da amostra [19].

Ângulo de contato. Para realização das medidas de ângulo de contato na superfície das bandejas foi seguida a metodologia proposta por *Silva et al.* [20]. Amostras foram fixadas numa lâmina de vidro, em ambiente a $25 \pm 2^\circ\text{C}$ e UR de $60 \pm 5\%$. Com om auxílio de uma seringa, uma gota de água destilada foi colocada sobre a amostra em três pontos diferentes, sendo a imagem é registrada por uma câmara fotográfica digital e analisada pelo *softwareSurftens*. As amostras foram analisadas em triplicata.

Isotermas de sorção de umidade. Amostras das bandejas (2·2 cm), em triplicata, foram mantidas dentro de dessecadores, a $23 \pm 2^\circ\text{C}$, contendo as seguintes soluções salinas saturadas e as respectivas condições de umidade relativa: cloreto de lítio (11%), cloreto de magnésio (33%), nitrato de magnésio (57%), cloreto de sódio (75%), cloreto de potássio (86%) e sulfato de cobre (97%). Após 15 primeiros dias, amostras foram pesadas a cada 4 dias, até obtenção de duas pesagens consecutivas equivalentes, assumidas como umidade de equilíbrio, que foi calculada como o incremento de massa das amostras secas após o equilíbrio em cada UR [21]. Os gráficos de isotermas de sorção de umidade de cada amostra foram ajustados aos modelos de GAB (*Guggenheim, Anderson, de Boer*), BET (*Brunauer–Emmet-Teller*), *Oswin, Hasley* e *de Jaafar*, expressos pelas equações 1 a 5.

$$\text{Modelo de GAB} \quad X_{sq} = \frac{X_m CK a_w}{(1 - K a_w)(1 - K a_w + CK a_w)} \quad (1)$$

$$\text{Modelo de BET} \quad X_{sq} = \frac{X_m C a_w}{1 + C a_w} + \frac{X_m a_w}{1 - a_w} \quad (2)$$

$$\text{Modelo de Oswin} \quad X_{\text{eq}} = A \left(\frac{a_w}{1 - a_w} \right)^B \quad (3)$$

$$\text{Modelo da Jaafar} \quad X_{\text{eq}} = \frac{A a_w}{(1 - B a_w)(1 + C a_w)} \quad (4)$$

$$\text{Modelo de Hasley} \quad a_w = \exp(k X_{\text{eq}}^V) \quad (5)$$

sendo que, X_{eq} : umidade de equilíbrio; a_w : atividade de água; X_m : umidade de monocamada; A, B, C, K, V e k são parâmetros das equações.

A qualidade dos ajustes foi determinada pela análise do valor quadrático médio (*RMS*, *room mean square*), calculada conforme as equações 6 e 7:

$$x_{\text{RMS}} = \sqrt{\left(\frac{1}{N} \right) \sum_{i=1}^N x_i^2} \quad (6)$$

$$x_i = V_{\text{EXP}} - V_{\text{CALC}} \quad (7)$$

Sendo que N representa o número de experimentos, V_{EXP} os dados experimentais e V_{CALC} os dados estimados pelo modelo.

Análise estatística. Análise de variância (ANOVA) e teste de comparação de médias de *Tukey* ($p \leq 0,05$) foram realizados com o software *Prism* versão 2.01 (*GraphPad Software Inc*).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Figura 2 mostra as bandejas a base de espuma de amido de mandioca, obtidas por expansão térmica, sem e com revestimento de PLA.



Figura 2. Bandejas de espuma de amido de mandioca obtidas por expansão térmica sem revestimento (à direita) e com revestimento de PLA (à esquerda).

De acordo com os resultados apresentados na Tabela 1, bandejas de espuma de amido sem revestimento apresentam intensa absorção de água. Este comportamento é esperado devido à presença de componentes polares na estrutura de amidos. Porém, a absorção de água pelas espumas de amido tem um efeito importante na sua vida útil e nas suas propriedades mecânicas [3].

Tabela 1. Capacidade de absorção de água (CCA) de bandejas a base de espuma de amido de mandioca, sem e com revestimento de PLA (10; 12,5 e 15%).

<i>Tempo de imersão em água</i>	<i>Sem revestimento</i>	<i>Revestida com PLA 10%</i>	<i>Revestida com PLA 12,5%</i>	<i>Revestida com PLA 15%</i>
1 minuto	39 ± 3,0 ^a	11 ± 1,0 ^b	7 ± 1,0 ^c	3 ± 0,5 ^d
15 minutos	145 ± 2,0 ^a	40 ± 2,0 ^b	19 ± 4,0 ^c	7 ± 1,5 ^d
30 minutos	214 ± 6,0 ^a	71 ± 3,0 ^b	25 ± 2,0 ^c	14 ± 2,0 ^d
60 minutos	294 ± 8,0 ^a	107 ± 3,0 ^b	48 ± 0,5 ^c	39 ± 3,0 ^d

^{a, b, c, d} Valores foram determinados em triplicata. Letras iguais na mesma linha indicam que não há diferença significativa a 5% ($p < 0,05$) no parâmetro avaliado.

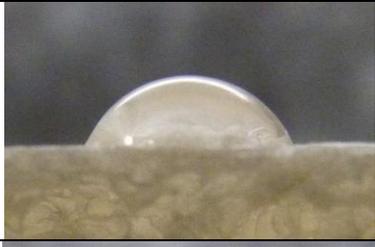
Bandejas com revestimento absorverem menos água do que as bandejas sem revestimento, independente da concentração de PLA utilizada. Em comparação com a bandeja sem revestimento, a bandeja revestida com 15% de PLA apresentou uma redução de aproximadamente 86% na capacidade de absorção água após 60 minutos de imersão. Este fato decorre, provavelmente, devido ao PLA apresentar menor afinidade com a água do que o amido [11]. Foi observado ainda que o aumento na concentração de PLA no revestimento resultou numa diminuição da CAA pelas bandejas, em todos os tempos de imersão estudados.

Estes resultados concordam com os achados de *Schimidt & Laurindo* [9] que observaram uma redução de 70% na absorção de água por bandejas que foram impregnadas com acetato de amido. Resultado semelhante foi reportado por *Bergel et al.* [3], que verificaram que espumas de amido revestidas com quitosana absorveram 50% menos água do que as bandejas sem revestimento. Em outro estudo, *Rhim et al.* [11], avaliaram o efeito do revestimento de PLA em amostras de papel-cartão, notaram que a absorção de água diminuiu em até 18 vezes em comparação com as amostras sem revestimento.

As medidas de ângulo de contato (Tabela 2) foram realizadas nas superfícies das bandejas de espumas de amido de mandioca sem revestimento e com revestimento de 10,0; 12,5 e 15,0% de PLA. Após deposição das gotas de água em três locais distintos da superfície da bandeja, foram realizadas imagens durante 20 minutos com intervalos de 1 minuto nos primeiros 5 minutos, e após, intervalos de 5 minutos, e calculada a média dos ângulos de cada gota.

As bandejas com revestimento de 10,0; 12,5 e 15,0% (m/v) de PLA apresentaram ângulo de contato após 10 minutos de $72,4 \pm 1,7$; $70,0 \pm 1,0$ e $86,8 \pm 0,7^\circ$, respectivamente. Enquanto que as bandejas sem revestimento apresentaram, após 10 minutos, medida de ângulo de contato de $62,5 \pm 0,8^\circ$. Após 20 minutos de contato da gota d'água, observa-se uma redução no valor do ângulo de contato, sendo que as bandejas com recobrimento de 10,0; 12,5 e 15,0% de PLA apresentaram ângulo de contato de $67,7 \pm 2,0$; $65,4 \pm 2,4$ e $84,4 \pm 0,0$, respectivamente, após 20 minutos. Da mesma forma, a bandeja sem revestimento, também apresentou redução na medida de ângulo de contato, passando para $55,2 \pm 0,8^\circ$ após 20 minutos de contato da gota.

Tabela 2. Medidas de ângulo de contato com água nas bandejas de espuma de amido com e sem revestimento de PLA.

<i>Bandejas de espuma de amido</i>	<i>Ângulo de contato com a água (°) após 10 minutos</i>	<i>Ângulo de contato com a água (°) após 20 minutos</i>	<i>Imagens da gota após 20 minutos</i>
Sem revestimento	$62,5 \pm 0,8^c$	$55,2 \pm 0,8^c$	
Revestimento de PLA 10,0%	$72,4 \pm 1,7^b$	$67,7 \pm 2,0^b$	
Revestimento de PLA 12,5%	$70,0 \pm 1,0^b$	$65,4 \pm 2,4^b$	
Revestimento de PLA 15,0%	$86,8 \pm 0,7^a$	$84,4 \pm 0,0^a$	

^{a, b, c} Valores foram determinados em triplicata. Letras iguais na mesma coluna indicam que não há diferença significativa a 5% ($p < 0,05$) no parâmetro avaliado.

A análise de medida de ângulo de contato revela que as bandejas sem o revestimento de PLA apresentam maior molhagem do que as bandejas revestidas. Dentre as bandejas revestidas, a

aplicação do recobrimento de PLA 15% exibiu a menor molhabilidade, corroborando o resultado de CAA, sugerindo que estas bandejas possam ser utilizadas como embalagens para alguns tipos de alimentos como, por exemplo, frutas secas e biscoitos. De acordo com Rhim et al. [11], o aumento da resistência à umidade das bandejas revestidas com PLA ocorre devido a sua hidrofobicidade.

Os resultados encontrados neste estudo estão de acordo com Rhim et al. [11], que obtiveram medidas de ângulo de contato de $57,7 \pm 12,6^\circ$ para amostras de papel-cartão sem revestimento, e medidas próximas a 80° nas amostras revestidas com PLA.

Bandejas com e sem revestimento exibem curvas das isotermas de sorção de umidade com formato semelhante, ambas apresentam forma sigmoïdal (Figura 3). No entanto, as umidades de equilíbrio das amostras de bandejas apresentam valores menores com o aumento da concentração de PLA utilizado no revestimento, configurando o aumento da resistência à umidade dos materiais revestidos, conforme demonstrado nas análises de CAA e ângulo de contato.

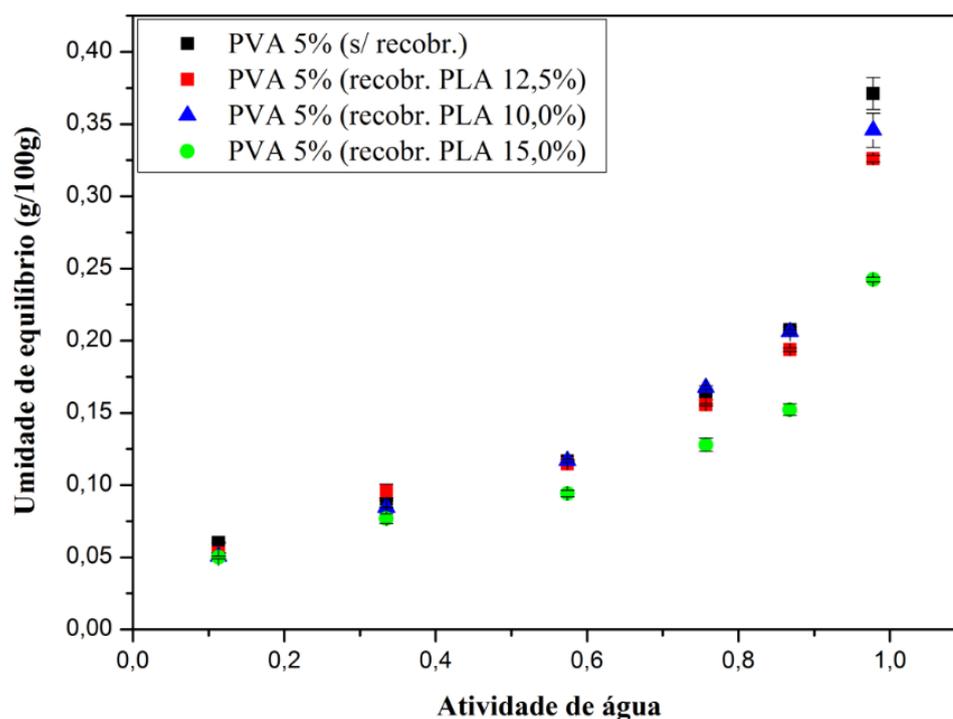


Figura 3. Isotermas de sorção de água das bandejas de espumas de amido de mandioca com revestimento de PLA nas concentrações de 10,0; 12,5 e 15,0% (m/v).

Os valores obtidos experimentalmente no ensaio de isotermas de sorção foram ajustados a modelos matemáticos propostos por *Oswin*, *Hasley*, *GAB*, *BET* e *Jaafar*. Os parâmetros de ajuste destes modelos são apresentados na Tabela 3. Observa-se que o modelo de *Oswin*, através da análise dos valores obtidos para *RMS* e R^2 , apresentou $RMS < 0,001$ e $R^2 > 0,99$ para todas as amostras de bandejas de espuma de amido de mandioca com revestimento, desenvolvendo um ajuste adequado para as isotermas. Para os modelos de *GAB* e *Jaafar*, os valores obtidos para *RMS*

foram menores que 0,01 e os valores de R^2 são maiores 0,97. Já o modelo de BET, por obter os valores mais elevados de RMS , chegando a 0,14, é considerado inadequado para a representação das isotermas de adsorção das bandejas de espumas de amido de mandioca revestidas.

Tabela 3. Ajuste dos dados experimentais das isotermas de sorção das espumas de amido de mandioca revestidas com PLA a 10; 12,5 e 15%, aos modelos estudados.

Modelo	Constantes	Amostras de Bandejas de espuma de amido		
		PLA 10%	PLA 12,5%	PLA 15%
GAB	X_m	0,0549	0,0565	0,0484
	C	$9,8516 \times 10^{44}$	170,7174	8443,1460
	K	0,8694	0,8422	0,8144
	R^2	0,9868	0,9749	0,9776
	RMS	0,0035	0,0025	0,0014
Oswin	A	0,1122	0,1100	0,0913
	B	0,3160	0,2877	0,2590
	R^2	0,9986	0,9957	0,9958
	RMS	0,0005	0,0009	0,0007
Hasley	A	1,1823	1,3384	1,6465
	B	1,0338	0,7001	0,4542
	R^2	0,6569	0,6650	0,6727
	RMS	0,0408	0,1334	0,0114
BET	X_m	0,0089	0,0079	0,0060
	C	-2,3128	-2,2570	-2,2393
	R^2	0,0985	-1,1556	-0,5890
	RMS	0,1466	0,1419	0,1201
Jaafar	A	17028,7967	8,1393	216,7945
	B	0,8694	0,8423	0,8145
	C	310179,3921	142,9446	4480,5467
	R^2	0,9869	0,9749	0,9776
	RMS	0,0036	0,0026	0,0014

O valor de monocamada (X_m), determinado através do modelo de GAB, foi menor para as bandejas de amido revestidas com PLA 15% (0,0484 $g \cdot g^{-1}$) do que para as bandejas recobertas com 10 e 12,5% de PLA, que apresentaram valores de X_m de 0,0549 e 0,0565 $g \cdot g^{-1}$, respectivamente.

CONCLUSÕES

As bandejas com revestimento absorveram menos água do que as bandejas sem revestimento, independentemente da concentração de PLA utilizada, porém a bandeja revestida com PLA a 15% apresentou a menor absorção, após 60 minutos de imersão em água, havendo uma diminuição de

86% na capacidade de absorção de água pelas bandejas revestidas. As bandejas revestidas também apresentaram maiores medidas de ângulo de contato e menores umidade de equilíbrio, em comparação com as outras bandejas, não revestidas. O melhor ajuste aos dados experimentais das isotermas foi obtido pelo modelo matemáticos de *Oswin*, independentemente da concentração de PLA aplicada no revestimento. Desta forma, o revestimento de bandejas de amido é uma alternativa para reduzir a absorção de umidade e melhorando a aplicabilidade deste tipo de material na embalagem de alimentos, no entanto são necessários estudos complementares para avaliar a concentração residual do solvente utilizado.

Agradecimentos. Agradecemos à *FAPERGS* e ao *CNPQ* pelo suporte financeiro e à *Universidade de Caxias do Sul (UCS)*.

REFERÊNCIAS

- [1] Jorge N "Embalagens para alimentos". Cultura Acadêmica: UNESP, São Paulo 2013
- [2] Kaisangsri N, Kerchoechuen O, Laohakunjit N, *Ind Crops Prod*, **37**, 542 (2012)
- [3] Bergel B F, Luz L M, Santana R M C, *Prog Org Coat*, **106**, 27 – 32 (2017).
- [4] Soares F C, Yamashita F, Müller A M O, Pires A T N, *Polym Test*, **32**, 94 – 98 (2013)
- [5] Zhang C, Li F, Li J, Wang L, Xie Q, Xu J, Chen S, *Materials &Design*, **120**, 222 (2017)
- [6] Silva ISV, Neto WPV, Silvério HA, Pasquini D, Zeni M, Otaguro H, *Polym. Adv. Technol.*, DOI: 10.1002/pat.3734, (2015)
- [7] Pornsuksomboon K, Holló B B, Szécsényi K M, Kaewtatip K, *Carbohydr Polym*, **136**, 107 (2016).
- [8] Stoffel F, Piemolini-Barreto L, Zeni M, *RRJoFST*, **4**, 1 – 8 (2015).
- [9] Schimidt V S R, Laurindo J B, *Braz. J. Food Technol*, **12**, 34 (2009)
- [10] Van Tull R, Fowler P, Lawther M, Weber CJ, en: Weber, CJ "Biobased packaging materials for the food industry". Denmark, KVL, 13 (2000)
- [11] Rhim J-W, Lee J H, Hong S-I, *Packag Technol Sci*, **20**, 393 (2007)
- [12] Khwaldia K, Arab-Tehrany E; Desobry S, *Food Science & Food*, **9**, 82 (2010)
- [13] Archaviboonyobul T, Jinkarn T, Sane S, Chariyachotilert S, Kongcharoenkiat S, *Packag Technol Sci*, **27**, 341 (2014)
- [14] Andrade PRD, Lemus M R, Pérez CCE, *Vitae, Revista de la Facultad de Química Farmacéutica*, **18**, 325 (2011)
- [15] Isotton FS, Bernardo GL, Baldasso C, Rosa LM, Zeni M, *Ind Crops Prod*, **76**, 717 (2015)
- [16] Debiagi F, Marim BM, Mali S, *J Polym Environ*, **23**, 269 (2015)
- [17] Mello LRPF, Mali S, *Ind. Crops Prod.*, **55**, 187 (2014)
- [18] Rhim J-W, Hong S-I, HAC, *Food Sci Technol - LEB*, **42**, 612 (2009)
- [19] ABNT NBR ISO 535. Papel e Cartão. Determinação da capacidade de absorção de água. Método Cobb, 1999
- [20] Silva WA, Pereira J, Carvalho CWP, Ferrua FQ, *Ciência Agrotécnica*, **31**, 154, (2007)
- [21] Toledo RT "Fundamentals of Food Process Engineering". 2nd Edn. Gaithersburg, Maryland, Aspen Publication; (1999)