

# INFLUÊNCIA DA ESTOCAGEM E DO TIPO DE PRODUTO NA RESISTÊNCIA À DELAMINAÇÃO DE EMBALAGENS PLÁSTICAS LAMINADAS

*Thais Fujiwara<sup>1</sup>*

*Fábio G. Teixeira<sup>2</sup>*

*Léa M. Oliveira<sup>2</sup>*

*<sup>1</sup>Bolsista CNPq, <sup>2</sup>CETEA/ITAL  
Campinas/SP*

A laminação de materiais flexíveis é uma técnica de conversão por meio da qual podem ser reunidos diferentes tipos de materiais. Desta forma é possível combinar propriedades distintas de modo que a estrutura final tenha as características necessárias para o acondicionamento e comercialização de produtos. Esta versatilidade, aliada à tendência de redução do uso de materiais na fonte, tem levado ao crescimento do uso das embalagens plásticas flexíveis.

As embalagens flexíveis, contudo, podem apresentar problema de delaminação da estrutura, ou seja, a separação das camadas, o que compromete não só sua aparência, mas também as propriedades mecânicas, de barreira, a integridade e, por fim a vida útil do produto acondicionado (BICHLER et al., 1998). A resistência à delaminação, ou seja, a força necessária para separar as camadas de uma estrutura, deve-se principalmente à capacidade de adesão das duas superfícies, um fenômeno interfacial que requer conhecimentos sobre a natureza química dos seus constituintes, a reologia do meio, a geometria de contato e as propriedades físico-químicas das superfícies (GALEMBECK, GANDUR, 2001). Dentro do escopo embalagem flexível laminada, diversos fatores têm influência na resistência à delaminação destacando-se: tipo, gramatura e grau de cura do adesivo; migração de aditivos para a superfície do substrato, a exemplo dos deslizantes; presença de impressão e natureza das tintas; homogeneização dos componentes do adesivo; condições de temperatura e pressão de aplicação do adesivo. No caso de estruturas metalizadas, também influem na força de adesão das camadas, o grau de adesão e ancoragem do metal ao substrato e o tipo e a quantidade de tratamentos superficiais aplicados a estes substratos (HERNANDEZ et al., 2000; BIRON, 2008). Alguns componentes do produto acondicionado também são agressivos ao material de embalagem, a exemplo de óleos e gorduras, ácidos e componentes do aroma, os quais permeiam a camada interna da embalagem, passando a atuar sobre o adesivo. Além disso, os esforços e as condições às quais a embalagem é submetida durante transporte, distribuição e comercialização do produto também contribuem para a delaminação do filme (OLAFSSON, HILDINGSSON, 1995).

No período de 2011 a 2012, o CETEA avaliou a influência das condições e do tempo de estocagem e de alguns tipos de produtos na resistência à delaminação de diferentes estruturas laminadas. Neste trabalho

serão apresentados os resultados obtidos para o produto com caráter ácido, pouco condimentado (pH = 4,1 e acidez = 1 g de ácido cítrico em 100 g de produto).

Na Tabela 1 é apresentada a caracterização das estruturas utilizadas para acondicionar 300 mL de produto, as quais foram fornecidas pelo mesmo fabricante. Embalagens com e sem produto foram condicionadas por seis meses a 25 °C / 75% UR e a 35 °C / 90% UR e avaliadas periodicamente quanto à resistência à delaminação.

**TABELA 1.** Caracterização do material de embalagem.

Camada	Espessura média (µm)		
	BOPP metalizado/PEcoex	PET/impressão/PE coex branco	PET metalizado/PEcoex
Total	99	84	92
1 (externa)	25	16	15
2	22	20	25
3	36	32	31
4 (interna)	19	17	22

Valores referentes a 25 determinações por meio de microscopia ótica

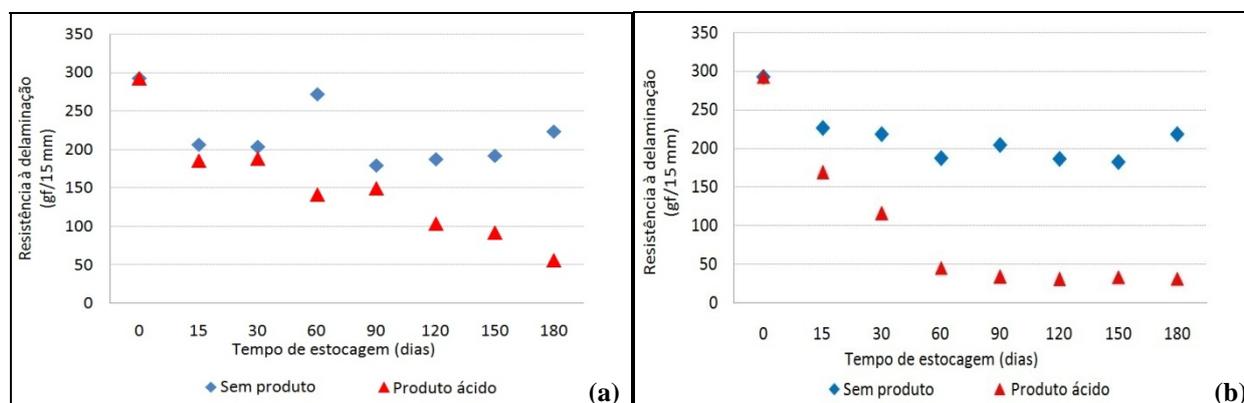
BOPP: polipropileno biorientado

PET: politereftalato de etileno

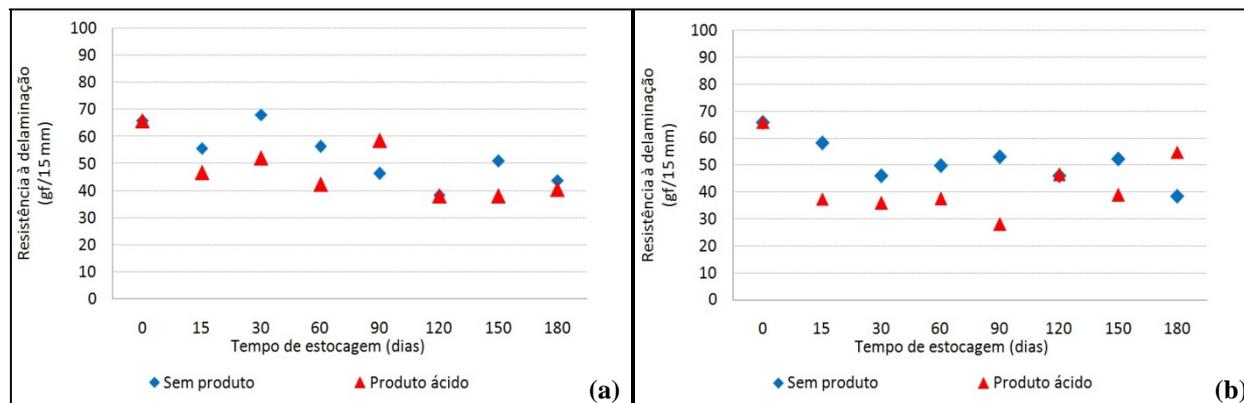
PEcoex: composto por 3 camadas aonde estão presentes PEBD (polietileno de baixa densidade) e PELBD (polietileno linear de baixa densidade) que podem estar em camadas distintas ou na forma de blends

A resistência à delaminação entre a camada externa e o restante da estrutura foi determinada em uma máquina universal de ensaios Instron, modelo 5500R, operando com célula de carga de 10 N, a uma velocidade de 280 mm/min, de acordo com metodologia adaptada da norma ASTM D 1876-08 (2008). Corpos de prova com 15 mm de largura foram inicialmente delaminados manualmente, com o auxílio de solventes apropriados. Foi necessária aplicação de fita adesiva com baixa flexibilidade sobre a camada externa das amostras, a fim de se minimizar o rasgamento desta camada durante o ensaio. Mediu-se a força necessária para a separação das camadas em aproximadamente 50 mm de material. O ensaio foi conduzido em ambiente a 23 °C ± 2 °C e (50 ± 3)% de umidade relativa, após condicionamento dos corpos de prova nesse mesmo ambiente, por um período mínimo de 48 horas.

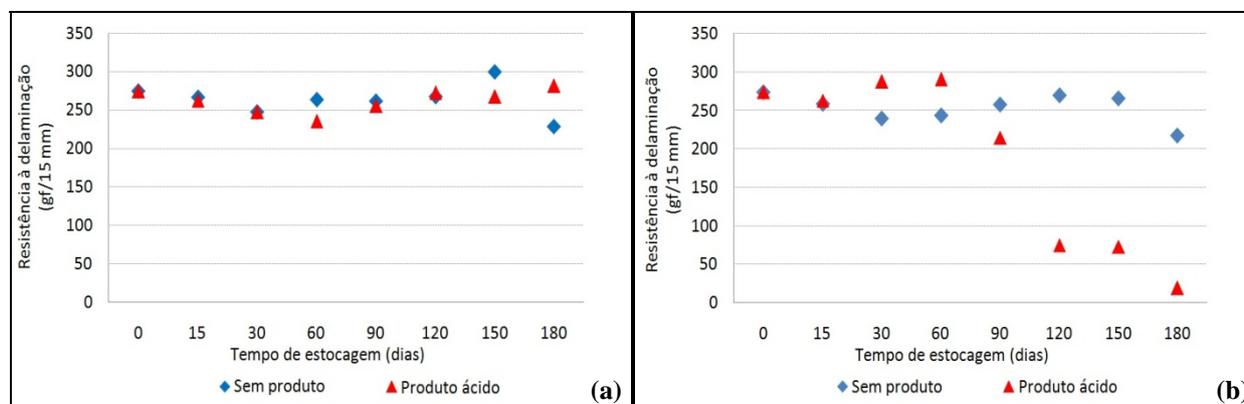
Nas Figuras 1 a 3 são apresentados os resultados obtidos.



**FIGURA 1.** Evolução da resistência média à delaminação da amostra **BOPP metalizado/PEcoex** em função da estocagem a 25 °C / 75% UR (a) e 35 °C / 90% UR (b).



**FIGURA 2.** Evolução da resistência média à delaminação da amostra **PET/impressão/PEcoex branco** em função da estocagem a 25 °C / 75% UR (a) e 35 °C / 90% UR (b).



**FIGURA 3.** Evolução da resistência média à delaminação da amostra **PET metalizado/PEcoex** em função da estocagem a 25 °C / 75% UR (a) e 35 °C / 90% UR (b).

A amostra **BOPP metalizado/PEcoex** apresentou uma rápida queda na resistência média à delaminação nas duas condições de estocagem. A 23 °C/75% UR, esta redução foi da ordem de 50% aos 60 dias, chegando a 80% no final do período de estocagem. Nas embalagens mantidas a 35 °C/90% UR a queda na resistência média à delaminação foi ainda mais acentuada. Nesta condição houve uma redução ao redor de 85% nos primeiros 60 dias de estocagem, a qual é considerada significativa, ao nível de 5% de erro, pelo teste da mínima diferença significativa. A partir de então e até o final da estocagem a queda não foi significativa, com a resistência média à delaminação se estabilizando entre 45 gf/15 mm e 31 gf/15 mm. Valores individuais da ordem de 9,5 gf/15 mm foram registrados aos 90 dias de estocagem (35 °C/90% UR) e de 14 gf/15 mm a partir de 150 dias a 25 °C/75% UR. Estes valores são considerados muito baixos e, provavelmente, levariam à falha da embalagem em condições normais de distribuição.

Na embalagem estocada sem produto, a queda na resistência à delaminação foi da ordem de 30% e 23% aos 15 dias de estocagem a 25 °C/75% UR e 35 °C/90% UR, respectivamente. Em ambas as condições ambientais, na prática, se observou uma tendência de estabilização na resistência à delaminação a partir dos 15 dias de estocagem até os 180 dias. A redução na força de adesão entre as camadas na embalagem sem produto foi muito inferior à observada naquelas com produto, uma indicação da influência do produto neste parâmetro.

Na amostra **PET/impressão/PEcoex branco** também se observou uma tendência de redução na resistência à delaminação em ambas as condições de estocagem, tanto na amostra contendo produto ácido quanto

naquela sem produto. Nas embalagens com produto ácido, uma redução significativa na resistência média à delaminação iniciou-se já a partir dos 15 dias de estocagem nos dois ambientes de condicionamento e foi da ordem de 30% a 40%. No caso da embalagem sem produto, a queda na resistência à delaminação, apesar de variar de 30% a 40% em ambas as condições de estocagem, se deu a partir dos 90 dias a 25 °C/75% UR e 30 dias a 35 °C/90% UR. Há de se ressaltar que a força de adesão inicial entre as camadas desta estrutura já era muito inferior à da amostra **BOPP metalizado/PEcoex** (em média 60 gf/15 mm *versus* ou contra 290 gf/15 mm).

Na amostra **PET metalizado/PEcoex**, o material sem produto, em ambas as condições de estocagem, apresentou desempenho similar, com uma leve tendência de queda na resistência média à delaminação, da ordem de 10% a 12% aos 30 dias, com uma posterior recuperação até os 150 dias de condicionamento e, aos 180 dias, uma queda em relação à resistência inicial de 17% a 20%. Estes números, na prática, têm pouco impacto, principalmente porque a estrutura apresenta uma resistência média à delaminação alta, da ordem de 270 gf/15 mm a 220 gf/15 mm. Na amostra em contato com o produto ácido, condicionada a 25 °C/75% UR, o desempenho do material foi similar ao daquele sem contato com produto. Por outro lado, a amostra com produto ácido condicionada a 35°C/90%UR apresentou desempenho muito distinto. Aos 90 dias começou a apresentar perda na força de adesão entre a camada externa e o restante do material a qual, a partir de 120 dias de estocagem, já era da ordem de 73%. Ao final da estocagem (180 dias), o material apresentava apenas 7% da resistência inicial, ou seja, uma perda da ordem de 93%, com um valor médio de resistência à delaminação de cerca de 19 gf/15 mm, o que é considerado crítico. Nesta condição ambiente se observou também que quando a metalização da embalagem permanecia aderida ao PET, a resistência à delaminação diminuía, um indício da ação de agentes agressivos do produto sobre o adesivo utilizado na laminação.

A resistência à delaminação inicial da amostra impressa (66 gf/15 mm), **PET/impressão/PEcoex branco**, foi consideravelmente inferior à das demais (270 gf/15 mm a 300 gf/15 mm), o que sugere que a presença de tintas é mais prejudicial à força de adesão entre as camadas do que a metalização com alumínio.

## CONCLUSÃO

Os resultados obtidos comprovam que, de modo geral, um produto ácido pouco condimentado com as características daquele utilizado neste trabalho (pH = 4,1 e acidez = 1 g de ácido cítrico em 100 g de produto) impacta de modo negativo na resistência média à delaminação de filmes impressos ou metalizados como os empregados neste estudo. Tal fato pode ser explicado, em parte, pela capacidade que os ácidos do produto têm de permear os polietilenos (camada interna de todas as estruturas) e interagir com os adesivos de laminação.

Acredita-se que no caso da amostra **PET metalizado/PEcoex** estocada a 25°C/75% UR, uma condição ambiental mais branda que 35 °C/90%UR, a queda na força de adesão deverá ocorrer com o prolongamento da estocagem. Como o molho de tomate, um produto ácido e acondicionado em embalagens flexíveis laminadas, tem vida útil superior a seis meses, deve-se ficar atento a esta redução na força de adesão entre as camadas ao longo do tempo, apesar da estrutura destes materiais apresentar uma folha de alumínio, o que pode exigir um adesivo com características diferentes daquele utilizado nas estruturas analisadas neste estudo.

## REFERÊNCIAS

ASTM INTERNATIONAL. **D 1876-08**: Standard test method for peel resistance of adhesives. Philadelphia, 2008, 3p.

BICHLER, C.; MAYER, K.; LANGOWSKI, H. C., MOOSHEIMER, U. Influence of polymer film surfaces on adhesion and permeation properties of vacuum web coated high barrier films and laminates: results of a cooperative research project. In: ANNUAL TECHNICAL CONFERENCE, 41., **Proceedings ...**, Philadelphia, 1998. p. 349.

BIRON, M. Enhancing polymer adhesion thanks to functionalized materials and surface treatments. **Polymer Additives & Colors Bulletin**, 2008. Disponível em: <<http://www.specialchem4polymers.com/resources/articles/article.aspx?id=3004>>. Acesso em: 14 mar. 2013.

GALEMBECK, F.; GANDUR, M.C. Cientistas explicam o fenômeno da adesão. **Química e Derivados**, São Paulo, v.36, n.393, p.24-32,2001.

HERNANDEZ, R.; SELK, S.E.M.; CULTER, J.H.D. **Plastics Packaging** - properties, processing, applications and regulations, Munich: Hanser, 2000. 425p.

OLAFSSON, G.; HILDINGSSON, I. Sorption of fatty acids into low density polyethylene and its effect on adhesion with aluminum foil in laminated packaging material. **J. Agric. Food Chem.** V. 43, p.306, 1995.