

# PROCESSAMENTO DE *BLISTERS* VISANDO A RECUPERAÇÃO DE MATERIAIS POLIMÉRICOS E METÁLICOS\*

Marcela Silva Araujo dos Santos<sup>1</sup>  
Hugo Hashimoto<sup>2</sup>  
Denise Crocce Romano Espinosa<sup>3</sup>

## Resumo

O objetivo deste trabalho é apresentar um método para a reciclagem de embalagens *blister*, preservando as propriedades de polímeros e também do metal. A metodologia consiste em quatro etapas: moagem, quarteamento de amostras, tratamento com solvente e separação em meio denso. A matéria prima dos ensaios é proveniente de descarte e rebarbas de produção da indústria farmacêutica. Os equipamentos utilizados são um moinho de facas e agitadores mecânicos. Durante o tratamento com solvente, acetato de etila, as placas de alumínio do *blister* se destacam dos fragmentos poliméricos e, o conjunto forma um emaranhado, que posteriormente é separado em meio denso salino.

**Palavras-chave:** Blister; Reciclagem de embalagens; Separação por solvente; Metal mais polímero.

## BLISTER PACKAGING RECYCLING

### Abstract

The aim of this research is to present a method to *blister* packaging recycling, keeping metal and polymer properties unchanged. The process consists in four steps: milling, samples separation, solvent submersion and density separation. The raw material used in the experiments consists in pharmaceutical industry leavings. The equipment used are a slicer and mechanical stirrers. During the solvent submersion process, the solvent, ethylacetate, is responsible for keeping apart aluminum and polymer fragments. Both materials are now medley. The entirety needs to go under a density separation method to keep completely apart.

**Keywords:** Blister packaging; Pharmaceutical packaging; Packagerecycling.

<sup>1</sup> *Graduanda de Engenharia de Materiais, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, São Paulo, Brasil*

<sup>2</sup> *Engenheiro Metalurgista. Aluno do programa de Mestrado em Engenharia Química da Escola Politécnica da USP, São Paulo, SP, Brasil.*

<sup>3</sup> *Membro da ABM. Professora Associada do Departamento de Engenharia Química da Escola Politécnica da USP, São Paulo, SP, Brasil.*

## 1 INTRODUÇÃO

### 1.1 Apresentação do Trabalho

Na Europa, há muito tempo já há uma preocupação dos fabricantes de embalagens em relação ao impacto que o descarte desses materiais possa causar no meio ambiente, pois muitos países já exigem certificados de que os produtos e suas embalagens não agredam a natureza [1]. No Brasil, apenas em 2002, foi criado o Instituto Nacional de Processamento de Embalagens Vazias (inpEV) para auxiliar os fabricantes de defensivos agrícolas a cumprir a obrigação estabelecida por lei de promover a destinação das embalagens vazias de seus produtos. Em doze anos de atuação 94% das embalagens plásticas primárias comercializadas tiveram destino ambientalmente correto [2].

Um impasse para o descarte das embalagens é que cada vez mais se utilizam técnicas de combinação de materiais na fabricação, para que o peso das embalagens seja menor e, conseqüentemente, os custos de produção diminuam. Esse é o caso das embalagens *blister*, compostas por alumínio e polímeros. Apesar de apresentarem vantagens, materiais combinados são mais difíceis de serem reciclados e podem liberar gases tóxicos se incinerados [1]. Por isso, é essencial que se desenvolvam técnicas para a reciclagem dessas embalagens.

### 1.2 Objetivos

Neste trabalho é proposto um método para a reciclagem de embalagens *blister*.

### 1.3 Revisão da Literatura

Os *blisters* foram popularizados com a invenção das pílulas anticoncepcionais na década de 60. Eles têm como vantagens a manutenção da integridade do medicamento; a possibilidade de verificar que a embalagem está completamente lacrada; a diminuição da probabilidade de haver troca de medicamentos; maior facilidade do cumprimento da ordem médica pelo paciente, já que é mais fácil visualizar os comprimidos e; a redução do número de acidentes, em relação a outros tipos de embalagens, como as de vidro. Os *blisters* são embalagens utilizadas principalmente na indústria farmacêutica e são constituídos basicamente de uma película moldável e um selador. Comumente passam por processos de impressão gráfica depois de sua fabricação.

As películas moldáveis são polímeros termoplásticos que, na fabricação dos *blisters*, passam por um processo de termoformagem, ou seja, aquecimento e moldagem de folhas de plástico extrudadas, para a formação das cavidades onde ficarão alojados os medicamentos. O polímero mais utilizado é o PVC (poli cloreto de vinila), detentor de características como: boa resistência mecânica; impermeabilidade a óleos, gorduras e aromas; baixo preço; pode ser pintado e tem ótimas características termo-moldáveis. No entanto, também sofre muitas críticas, pois sua queima pode produzir dioxinas tóxicas. Para suprir a demanda por *blisters* que não liberassem substâncias prejudiciais a saúde quando incinerados, o maquinário de produção foi adaptado para trabalhar com outro polímero: o polipropileno, cuja combustão não produz dioxinase gases ácidos e também cuja permeabilidade à umidade era menor em relação ao PVC. Entretanto, o polipropileno tem termo-moldagem mais difícil. Em

quantidades pouco expressivas, são produzidos *blisters* com PVDC (poli cloreto de vinilideno).

O processo de selagem promove a união do filme polimérico ao selador (metal). Em alguns casos, solventes podem ser utilizados para promover a união. O selador é responsável pela base estrutural do *blister*, precisa ser compatível com a selagem térmica e resistente à abertura da embalagem. É ele que prende o medicamento no plástico moldado anteriormente. Os principais materiais utilizados são alumínio e papel e alumínio combinados. A vantagem dessa combinação é que a abertura da embalagem é facilitada [1].

## 2 MATERIAIS E MÉTODOS

A matéria-prima para os ensaios realizados foi *blister* resultante de embalagens farmacêuticas. Essa matéria prima passou por moagem, quarteamento, tratamento com solvente e separação por meio denso.

### 2.1 Moagem

Uma amostra de 2kg de *blister* foi moída em moinho de facas usando grelha de 6mm.

### 2.2 Quarteamento em Pilha Horizontal

Foi obtida uma quantidade de *blister* moído que, posteriormente foi separada em alíquotas de 100 gramas por quarteamento em pilha horizontal, como mostrado na figura 1.



Figura 1. Amostra em pilha horizontal

### 2.3 Tratamento com Solvente

O objetivo dessa etapa é que a parte polimérica do material absorva o solvente, fique inchada e se solte das placas de alumínio.

#### 2.3.2 Determinação do tempo ótimo de reação

Desejava-se obter um tempo mínimo para que todo polímero estivesse separado das placas metálicas.

### 2.3.2.1 Materiais

Os materiais utilizados foram acetato de etila, recipiente de um litro, funil de vidro, cronômetro.

### 2.3.2.2 Procedimento

O acetato de etila foi adicionado ao *blister* moído, numa proporção sólido/líquido 1:10, em um béquer com capacidade para um litro. O conteúdo do béquer foi agitado com um agitador mecânico e vedado para que não houvesse muita evaporação do solvente. O conjunto foi observado durante o ensaio sem que a agitação fosse interrompida.

### 2.3.2 Determinação da saturação do solvente

Desejava-se determinar quantas vezes o processo poderia ser repetido com sucesso, utilizando-se a mesma alíquota de solvente.

### 2.3.2.1 Materiais

Os materiais usados foram um recipiente de vidro com capacidade para um litro, acetato de etila e um funil de vidro.

### 2.3.2.2 Procedimento

Nesse ensaio, 450mL de acetato de etila foram cuidadosamente despejados, com o uso de um funil, em um frasco com capacidade para um litro onde já haviam sido colocados 45 gramas de *blister* moído. O frasco foi bem vedado com tampa e acomodado numa mesa agitadora operando a 100rpm. Ao fim dessa reação, os fragmentos de alumínio e os fragmentos de polímero juntamente com o solvente foram removidos do frasco, e os fragmentos reservados e colocados para secagem em um aparelho de fluxo de ar. O solvente restante era reutilizado em uma nova operação como a descrita anteriormente e, assim por diante, até que uma operação fracassasse.

## 2.4 Separação por Meio Denso

Mesmo depois de separados, os fragmentos de polímero e alumínio continuavam emaranhados, e a separação mecânica era muito difícil. A alternativa foi a separação em meio denso.

A separação por meio denso é um método gravítico com princípio simples, de boa precisão de corte, largamente utilizado. Utiliza-se um líquido de densidade controlada e conhecida, que seja intermediária àquelas dos materiais que se deseja separar. Dessa maneira, o material mais leve flutua e o mais pesado afunda [3].

Utilizou-se como meio denso uma solução salina de  $\text{CaCl}_2$ , com densidade de  $1,41 \text{ g/cm}^3$ , valor que se situa entre a densidade do alumínio,  $2,7 \text{ g/cm}^3$  aproximadamente, e a densidade dos polímeros utilizados na fabricação de blister, que varia entre  $0,9$  e  $1,7 \text{ g/cm}^3$ .

### 2.4.1 Materiais

Os materiais utilizados nessa bateria de ensaios foram um béquer de dois litros, uma haste de vidro, um agitador mecânico, o meio denso e um vidro de relógio.

### 2.4.2 Procedimento

O meio denso foi preparado sob agitação, e em seguida foram acionados aos poucos 18 gramas do blister que já havia passado por tratamento com acetato de etila (separado, porém emaranhado). A proporção sólido/líquido era de 1:10. O conjunto deve permanecer sob agitação constante, pois o meio denso é supersaturado. O procedimento deve durar 15 minutos. Depois disso, os fragmentos que estivessem flutuando eram retirados com auxílio de um vidro relógio. Os fragmentos afundados no meio denso eram retirados posteriormente. Com cautela para que o meio denso fosse preservado para reutilização.

## 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 3.1 Tratamento com Solvente

#### 3.1.1 Determinação do tempo ótimo de reação

Haviam se passado três horas até que os fragmentos de polímero estivessem bastante inchados e leitosos e tivessem se separado completamente dos fragmentos de alumínio. Depois de secos no fluxo de ar, os fragmentos poliméricos mostravam-se rígidos.

#### 3.1.2 Determinação da saturação do solvente

Tabela 1. Determinação da saturação do solvente

Ensaio	Massa (g)	Volume solvente (mL)	Observação/ Resultado
1	45,0	450	Separação se deu por completo, ao final o solvente apresentava uma coloração acinzentada.
2	35,0	350	Separação se deu por completo, a coloração do solvente era mais escura que na operação anterior e houve formação de espuma.
3	25,0	250	Separação se deu por completo, a coloração do solvente era mais escura que na operação anterior e houve formação de mais espuma.
4	18,0	180	Separação se deu por completo, a coloração do solvente era mais escura que na operação anterior e houve formação de mais espuma.
5	13,0	130	Separação se deu por completo, a coloração do solvente era mais escura que na operação anterior e houve formação de mais espuma, o solvente tinha comportamento mais viscoso ao final da operação.
6	7,6	76	Separação se deu por completo, a coloração do solvente era mais escura que na operação anterior e houve formação de mais espuma, o solvente tinha comportamento mais viscoso ao final da operação. Os fragmentos de polímero obtidos tinham coloração mais escura.
7	5,5	55	Separação se deu por completo, a coloração do solvente era mais escura que na operação anterior e houve formação de mais espuma, o solvente tinha comportamento mais viscoso ao final da operação. Os fragmentos de polímero obtidos tinham coloração mais escura. O solvente começa a formar uma fina película polimérica nas paredes do frasco e do funil quando evapora, dando indícios de que há muito polímero nele dissolvido e, portanto, fora atingido seu grau de saturação.

#### 3.1.4 Discussão

Nos tratamentos com acetato de etila, houve perda de massa de aproximadamente 8% de *blister*, pois parte do polímero se solubiliza no solvente. A saturação do solvente pode ser explicada por esse fenômeno também.

No ensaio para determinação, o escurecimento dos fragmentos ao decorrer da bateria de ensaios se deve à dissolução dos pigmentos que estavam presentes no *blister* farmacêutico utilizado com matéria prima.

### 3.2 Separação em Meio Denso

As placas de alumínio dos blisters são muito delgadas em relação à sua área superficial, dessa maneira ficam facilmente envolvidas nos fragmentos de polímero e têm submersão dificultada. Assim, o processo deve ser repetido algumas vezes, dependendo do grau de separação que se deseja obter.

## 4 CONCLUSÃO

O método apresentado para a reciclagem de embalagens *blister* consiste de processos simples e também é sustentável, pois propõe a reutilização de componentes do processo.

### Agradecimentos

Ao Professor Doutor Jorge Alberto Soares Tenório pela oportunidade, orientação e valiosos ensinamentos.

Ao Mestre Hugo Sakamoto pela paciência, disponibilidade e idéias imprescindíveis para a realização deste trabalho.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPQ), processo 147351/2014-6, pelo auxílio.

## REFERÊNCIAS

- 1 Castro, A. T. Viabilização do reaproveitamento dos "blister" de PVC/Al e estudos das propriedades do PVC após processamento por radiação ionizante. São Paulo: IPEN; 2008.
- 2 Fundação Espaço Eco. 2014. Guia Exame Sustentabilidade: 34-35.
- 3 Araújo, M. C. P. B. Reciclagem de fios e cabos elétricos. São Paulo: Escola Politécnica da USP; 2006.