



## **RECICLAGEM DE EMBALAGENS DE ADUBOS FOLIARES PARA UMA APLICAÇÃO TÉCNICAMENTE E AMBIENTALMENTE PLANEJADA**

**Miguel Gustavo Luvison Vendramin<sup>1</sup>, Rosmary Nichele Brandalise<sup>2</sup>,  
Diego Piazza<sup>3</sup>**

<sup>1</sup>Universidade de Caxias do Sul (miguelengmat@yahoo.com.br)

<sup>2</sup> Universidade de Caxias do Sul (rnbranda@ucs.br)

<sup>3</sup> Universidade de Caxias do Sul (dpiazza1@ucs.br)

### **Resumo**

O aumento da população faz com que o consumo e a produção de alimentos aumentem a cada ano. Com isso, o Brasil se consolida como um dos maiores produtores mundiais de grãos. Agricultores brasileiros investem cada vez mais em equipamento e insumos para aumentar a produtividade de suas lavouras, o que leva em muitos casos o descarte inadequado da embalagem desses produtos. Estima-se que no Brasil, no ano de 2008 tenham sido utilizadas 120 milhões de embalagens para adubos foliares, cuja orientação, por lei, é a prática da tríplex lavagem, seguida da devolução da embalagem vazia no local da compra para posterior reciclagem. Diante desta realidade, o objetivo deste trabalho foi avaliar a possível contaminação por nitrogênio (N), fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca), boro (B), cobre (Cu), manganês (Mn) e molibdênio (Mo) das embalagens de adubos foliares quanto, pós-lavagem, e pelas propriedades mecânicas e química após processo de reciclagem. A análise de espectroscopia de absorção atômica demonstrou que as embalagens pós-consumo, se devidamente lavadas, pelo processo de tríplex lavagem ou lavagem sob pressão, indicado por Lei nº 9.974/2000, não apresentam concentração de metais impregnadas na mesma, possuindo quantidade inferior a padrões estabelecidos pelo Ministério da Saúde para metais presentes na água potável. As análises mecânicas apresentaram valores comparados aos encontrados na literatura, o que evidencia que a reciclagem de embalagens de adubos foliares pode ser realizada para produção de novos produtos.

Palavras-chave: adubos foliares, metais, polipropileno, reciclagem.

Área Temática: Resíduos sólidos

## **PACKAGING RECYCLING OF FERTILIZERS FOLIAR FOR APPLICATION TECHNICALLY AND ENVIRONMENTALLY PLANNED**

### **Abstract**

*The population increase causes the production of food intake and increase every year. With this, Brazil is becoming one of the largest producers of grain. Brazilian farmers are increasingly investing in equipment and inputs to increase productivity of their crops, which leads in many cases the improper disposal of packaging of these products. It is estimated that in Brazil, in the year 2008 have been used 120 million packs for foliar fertilizers, whose guidance, by law, is the practice of triple washing, then returning the empty package in place of purchase for further recycling. Given this reality, the objective of this study was to evaluate the possible contamination by nitrogen (N), phosphorus (P), potassium (K), calcium*



*(Ca), boron (B), copper (Cu), manganese (Mn) and molybdenum (Mo) the packaging of foliar as post-wash, and the mechanical and chemical properties after recycling process. The analysis of atomic absorption spectroscopy showed that the post-consumer packaging, if washed properly, the process of triple washing or pressure washing, indicated by Law No. 9.974/2000, have no metal concentration impregnated in it, having much lower the standards set by the Ministry of Health for metals in drinking water. The thermal values compared to those presented in the literature, which shows that the recycling of foliar fertilizers can be made for the manufacture of new products.*

*Key words: foliar fertilizers, metals, polypropylene, recycling.*

*Theme Area: Solid wastes.*

## **1. Introdução**

Para atender as demandas alimentares mundiais não é mais possível usar métodos pré-agrícolas, o que torna evidente a necessidade de uma crescente mecanização das lavouras de todo o mundo (CAVALCANTI, 2002).

Segundo Sobreira e Adissi (2003), a produção agrícola em qualquer escala depende do uso de agrotóxicos e não seria viável economicamente sem seu uso. Com isso, o uso de defensivos agrícolas e demais produtos associados ao plantio vem aumentando na mesma proporção que o número de hectares de lavouras, o que tem como consequência um problema ambiental promovido pelo descarte inadequado de embalagens de agrotóxicos (ANDEF, 2010).

Conforme a ABRAPA (2009), o uso de defensivos agrícolas ou agrotóxicos em lavouras, exige um conhecimento básico sobre modo de uso, dosagem, formulação, classe toxicológica e cuidados durante e após o manuseio e aplicação. No projeto de todo produto deve-se observar seu ciclo de vida, como o possível reaproveitamento ou reciclagem (ZANIN e MANCINI, 2004).

Segundo a ANDEF (2010), em 2008, cerca de 24 milhões de quilogramas de embalagens vazias de defensivos agrícolas foram destinados a unidades de recebimento. Conforme Lei nº 9.974/2000, parágrafo único, inciso segundo, os usuários de agrotóxicos e outros produtos do gênero agrícola devem efetuar a devolução das embalagens vazias dos produtos utilizados no estabelecimento comercial aonde foram comprados. Ainda em seu inciso quarto, diz que as embalagens rígidas que possuam formulações solúveis ou dispersas em água, deverão passar pelo processo de tríplex lavagem.

Para Priotto (2007), o procedimento da tríplex lavagem consiste em realizar o enxágue da embalagem três vezes, depois de retirado o produto. A tríplex lavagem em



embalagens de agrotóxicos remove 99% dos resíduos do produto presente nas embalagens. Os polímeros de maior emprego em embalagens de adubos foliares e agrotóxicos são: polietileno de alta densidade (PEAD) e o polipropileno (PP).

As embalagens de agrotóxicos e afins podem apresentar contaminações oriundas da possível impregnação ao polímero de alguns metais presentes na formulação dos produtos, tais como nitrogênio (N), fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca), boro (B), cobre (Cu), manganês (Mn) e molibdênio (Mo) (DIMICRON, 2013).

A reciclagem de embalagens vazias permite a produção de produtos como: tubos de esgoto, cruzeta de poste de transmissão de energia, caixa de passagens de fios e cabos elétricos, e demais produtos que não tenham contato com produtos alimentares, fármacos ou produtos de beleza, sendo que apenas 8% do total de embalagens vazias de agrotóxicos são incineradas (ANDEF, 2010).

## 2. Materiais e métodos

### 2.1 Materiais

A matéria prima deste estudo tem como procedência embalagens de adubos foliares da empresa Dimicron Química do Brasil Ltda, identificada com base no triângulo da reciclagem como uma embalagem de polipropileno (PP).

A Figura 1 apresente os dois tipos de recipientes de adubo foliar utilizados no trabalho: com serigrafia direta na superfície da embalagem (Figura 1a) e com rótulo aplicado sobre a superfície lateral da embalagem (Figura 1b), conforme observado no detalhe da Figura 1c.

Figura 1 – Recipientes de adubos foliares com serigrafia direta no balde (a), sem serigrafia direta no balde (b). Detalhe demonstrando a presença de rótulo (c).





## 2.2 Metodologia

As amostras foram identificadas de acordo com as características da embalagem e a etapa de preparação da amostra, conforme apresentado no Quadro 1.

Quadro 1 – Identificação das embalagens

Identificação	Descrição
PPp	Embalagem de polipropileno com aplicação de serigrafia direta na embalagem (com pigmento)
PPpr	Embalagem de polipropileno com aplicação de serigrafia direta na embalagem (com pigmento) – reciclada
PPs	Embalagem de polipropileno sem aplicação de serigrafia direta na embalagem (com rótulo)
PPsr	Embalagem de polipropileno sem aplicação de serigrafia direta na embalagem (com rótulo) – reciclada

As embalagens com e sem rótulo (retirado), após a etapa de lavagem e armazenamento foram submetidas ao processo de corte com o auxílio de uma serra fita, da marca Calfran, modelo SFME, a fim de reduzir as dimensões dos recipientes. Posteriormente foi realizada a moagem em um moinho da marca Primotecnica, modelo 1001, com peneira de 10 mm de diâmetro, a fim de obter partículas com tamanho adequado para a etapa de injeção.

Os corpos de prova foram injetados, no Laboratório de Polímeros (LPOL) da Universidade de Caxias do Sul (UCS), em uma injetora da marca Himaco, modelo LH 150-80. Os parâmetros utilizados na injeção dos corpos de prova encontram-se na Tabela 1.

Tabela 1 – Parâmetros utilizados na injeção dos corpos de prova

Parâmetros	
Tempo de Injeção (s)	4,8
Tempo de Resfriamento (s)	25
Pressão de Injeção ( $\text{kg}\cdot\text{cm}^{-2}$ )	802,2
Fluxo ( $\text{cm}^3\cdot\text{s}^{-1}$ )	57,34
Temperatura do Bico ( $^{\circ}\text{C}$ )	90
Temperatura na Zona 1 ( $^{\circ}\text{C}$ )	200
Temperatura na Zona 2 ( $^{\circ}\text{C}$ )	190
Temperatura na Zona 3 ( $^{\circ}\text{C}$ )	180

## 2.3 Caracterização das amostras

A digestão ácida das embalagens moídas, foi realizada no LAPAN da UCS, utilizando ácido nítrico concentrado, água oxigenada 30 % e ácido clorídrico concentrado, sendo normatizado pela norma EPA 3050 B. Após a amostra foi analisado num espectrofotometro de



absorção atômica da marca Perkin Elmer, modelo Analyst 200, sendo normatizado por Standard Methods, 3111 B, Metais by flame atomic absorption spectrometry.

O ensaio de resistência a tração foi realizado como preconiza a norma ASTM D638-10, utilizando os corpos de prova Tipo 1. Foi utilizada uma máquina universal de ensaios de 3000 kgf de capacidade, modelo DL3000 da marca EMIC, com célula de carga de 2 toneladas. Como parâmetros de execução de ensaio, a distância inicial entre as garras do extensômetro foi de 115 mm e velocidade de ensaio de  $50 \text{ mm} \cdot \text{min}^{-1}$ .

Os corpos de prova foram ensaiados por impacto pelo método Izod sem entalhe foi realizado segundo a norma ASTM D 256-04 no Laboratório de Polímeros (LPOL) da Universidade de Caxias do Sul (UCS), em uma máquina de pêndulo CEAST RESIL 25 com martelo instrumentado de 2 J.

### 3. Resultados e discussão

Os resultados do ensaio de espectroscopia de absorção atômica das amostras de PPp e PPs estão apresentados na Tabela 2.

Tabela 2 – Resultados de detecção de Mn, Ca, Cu e Zn remanescentes nas embalantes de PPp e PPs, utilizando como metodologia EPA 3050 B – SMEWW – MÉTODO 3111 B/LAPAM PE 050

Ensaio (g/Kg m/m)	Resultado PPp	Resultado PPs	Limite de detecção
Manganês Total	n.d.	n.d.	0,0039
Cálcio total	0,0830	0,0770	0,0010
Cobre Total	n.d.	n.d.	0,0023
Zinco Total	0,0062	0,0056	0,0034

Os resultados de Espectroscopia de absorção atômica das embalagens de adubos foliares indicam a presença de Ca e Zn, e a inexistência de Mn e Cu nas amostras. Uma maior concentração de Ca e Zn para as amostras contendo serigrafia aplicada sobre a superfície da embalagem em relação às embalagens rotuladas com filme foi determinada. Este comportamento pode estar associado aos componentes da tinta utilizados na serigrafia, tais como aditivos, cargas, entre outros. As concentrações de Zn encontradas nas embalagens dos adubos foliares podem estar associadas à impregnação do produto na embalagem.

Os resultados dos testes de resistência a tração e deformação estão apresentados nos gráficos das Figuras 2 e 3, respectivamente.



Figura 3 – Alongamento no ponto de escoamento (%) das amostras de PPsr e PPpr

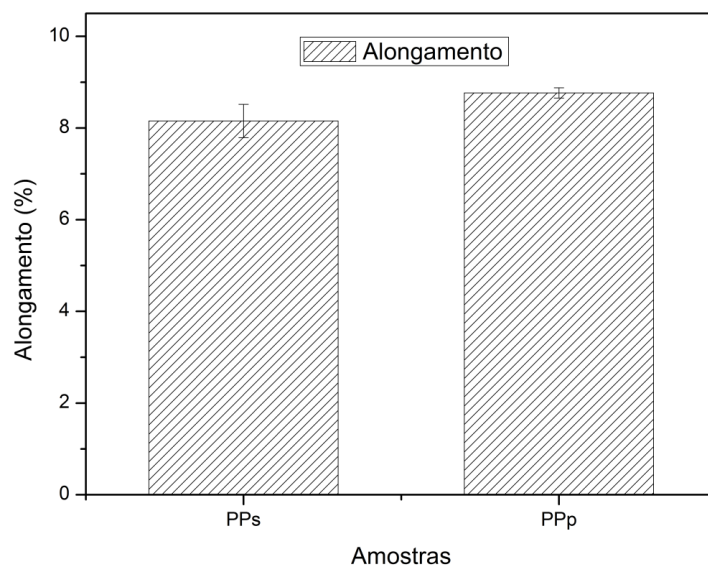
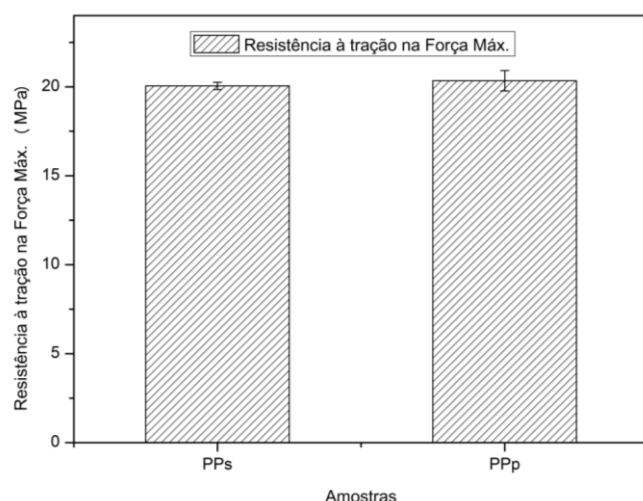


Figura 3 – Resistência a tração no ponto de escoamento das amostras de PPsr e PPpr



Os resultados de resistência a tração apresentaram valores de  $20,05 \pm 0,20$  MPa e  $20,34 \pm 0,57$  MPa para as amostras de PPsr e PPpr, respectivamente. Indicando que a presença de pigmento oriundo da serigrafia não interferiu os resultados. Comportamento similar foi observado para a deformação (alongamento) na tensão máxima, ao verificar valores de  $8,15 \pm 0,36$  % e de  $8,78 \pm 0,11$  % para as amostras de PPsr e PPpr, respectivamente.

Os resultados de tração apresentaram valores superiores ao material virgem apresentado na literatura,  $18,9 \pm 0,1$  MPa e valores inferiores de deformação  $7,1 \pm 1,0$ . Este comportamento também foi observado por Fernandes e Domingues (2007) ao variar a concentração de PP reciclado em seus estudos.

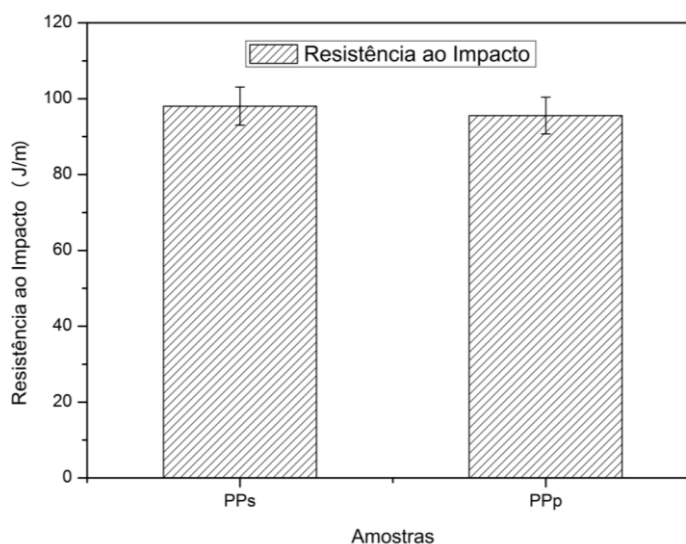




Segundo Fernandes e Domingues (2007) o elevado teor de material reciclado reduz a deformação do material, acarretando em um aumento do módulo elástico, tornando-o mais rígido. Para a utilização em embalagens, é necessário que o material sofra deformações sob impacto, a fim de absorver energia suficiente para impedir a transferência dessa energia para o a embalagem, tornando-a frágil.

Os resultados dos ensaios de resistência ao impacto estão apresentados no gráfico da Figuras 4.

Figura 4 – Resistência ao impacto das amostras de PPsr e PPpr



Os resultados de resistência a impacto apresentaram valores semelhantes nas amostras das embalagens recicladas com (PPpr) e sem pigmento (PPsr),  $95,55 \pm 4,84 \text{ J}\cdot\text{m}^{-1}$  e  $98,04 \pm 5,03 \text{ J}\cdot\text{m}^{-1}$ , respectivamente, indicam que a presença do pigmento oriundo da serigrafia e a etapa de reciclagem não interferiram na propriedade mecânica do material quanto a resistência ao impacto. Ambos os resultados mostraram-se satisfatórios quando comparados com a literatura.

Fernandes e Domingues (2007) em seu estudo com PP, encontrou valores de resistência ao impacto de  $78,7 \text{ KJ}\cdot\text{m}^{-2}$  para PP virgem e  $19,7 \text{ KJ}\cdot\text{m}^{-2}$  para PP reciclado. A redução no valor de energia absorvida pode estar relacionadas a existência de imperfeições na estrutura material, tendo em vista que o material reciclado possui viscosidade maior se comparado ao material virgem, o que justifica o aumento dos defeitos e a menor quantidade de energia absorvida.



#### 4. Conclusão

Não foram detectados valores consideráveis de metais presentes nas embalagens, o que permite seu uso em produtos como artigos decorativos, novas embalagens, vasos de plantas.

A presença de pigmento na estrutura da amostra não influenciou o desempenho mecânico da amostra PPpr, apresentando comportamento semelhante a da amostra isenta de pigmento PPsr.

O polímero reciclado apresentou um comportamento dúctil quando submetido à tração, e apresentou resistência ao impacto Izod muito próximo ao valor obtido na referência.

#### 5. Referências

ABRAPA. Associação Brasileira dos Produtores de Algodão. **Cartilha Defensivo Agrícola**. 2013.

ANDEF. Associação Nacional Defesa Vegetal. **Reciclagem de embalagens vazias de agrotóxicos no Estado do Mato Grosso: uma revisão bibliográfica**. 2013.

CAVALCANTI, C. **Meio ambiente, desenvolvimento sustentável e políticas públicas**. 4. ed. São Paulo: Cortez, 2002. 436 p.

DIMICRON. 2013.

FERNANDES, B. L.; DOMINGUES, A.J. Polipropileno reciclado para a indústria automotiva. **Polímeros: Ciência e Tecnologia**, vol. 17, n. 2, p. 85-87, 2007.

PRIOTTO, M. A. **Alternativa de destino para embalagens usadas de glifosato**. Dissertação de Mestrado apresentada no Programa Profissionalizante em Desenvolvimento de Tecnologia (PRODETEC) do Instituto de Tecnologia para o Desenvolvimento (LATEC) e Instituto de Tecnologia do Paraná (IEP). Curitiba, 2007.

SOBREIRA, A. E. G. & ADISSI, P. J. **Agrotóxicos: falsas premissas e debates**. Departamento de Engenharia de Produção da Universidade Federal de Paraíba. Artigo Científico. 2003.

ZANIN, M. & MANCINI, S. D. **Resíduos plásticos e reciclagem: aspectos gerais e tecnologia**. São Carlos, SP; UFSCar, 2004. 143 p.