

## **Avaliação prévia do fluxo de materiais no setor de plásticos**

Luiz Tadeu de Oliveira Pitton  
Mestrando do Programa de Mestrado Centro Paula Souza – Fatec-SP  
São Paulo – Brasil  
pitton@uol.com.br

Maria Lúcia Pereira da Silva  
Programa de Mestrado Centro Paula Souza – Fatec-SP – São Paulo – Brasil  
Escola politécnica USP – São Paulo -Brasil  
malu@lsi.usp.br

**Resumo** – Este artigo apresenta as informações prévias obtidas no estudo do fluxo de materiais do setor de plásticos, pois este setor apresenta uma produção expressiva, que pode originar um grande impacto ambiental. Portanto, neste caso, não só a minimização do consumo como o fechamento dos ciclos de produção representa melhoria significativa para a Sustentabilidade. A metodologia utilizada corresponde ao estudo de caso, onde 3 empresas foram avaliadas de acordo com as recomendações para fechamentos de ciclo na Ecologia Industrial, ou seja, consideram-se metabolismo industrial, simbiose industrial e, por conseguinte, o fluxo de materiais. Os resultados indicam que há grandes possibilidades para a melhoria da sustentabilidade pelo uso do conceito de simbiose industrial entre as áreas de alimentos, lubrificantes e plásticos.

**Abstract** – this work presents preliminary data on material flow analysis on plastic sector. This sector is responsible for expressive mass production, which may lead to environmental impact. Therefore, in such a condition not only consumption minimization but also cycling production will improve Sustainability significantly. The methodology used case study on three different enterprises that were evaluated according to Industrial Ecology suggests regarding cycling production, i.e., mainly industrial metabolism, industrial symbiosis and, consequently, flow materials. Results indicate good probabilities on Sustainability improvement by industrial symbiosis concept implementation among some production areas, aliments, lubricants and plastics.

Palavras-chave: Setor de plástico, Fluxo de materiais, Sustentabilidade.

## Introdução

O setor de produção de plásticos apresenta peculiaridades que tornam difícil a melhoria do desempenho ambiental. São características importantes do setor, o alto volume de produção, a diversificação - desde o início da cadeia de produção - dos usos do material produzido, a grande variabilidade de propriedades, além de, em muitos casos, a dificuldade de reciclagem ou a limitação da reciclagem a um número pequeno de ciclos.

Um dos triunfos da química industrial no século 20 foi o desenvolvimento de uma ampla variedade de plásticos. Tecnicamente, o termo plástico (do grego = plastikós) é utilizado para designar o grupo de materiais sintéticos que são processados, aquecidos e moldados para que se obtenha a geometria desejada. [1] Os plásticos são materiais orgânicos poliméricos sintéticos, de constituição macromolecular, dotada de grande maleabilidade (que apresentam a propriedade de adaptar-se em distintas formas), facilmente transformável mediante o emprego de calor e pressão e que serve de matéria prima para a fabricação dos mais variados objetos. Neste contexto, no último quarto do século 20, os plásticos tornaram-se o símbolo da sociedade de consumo descartável, pois parte deles - especialmente os usados em embalagens - foi projetada para ser usada uma só vez, sendo descartada após o uso. [2]. Assim, a produção mundial de plásticos no ano de 2008 foi de 245 milhões de toneladas, conforme informações da ABIPLAST (Associação Brasileira da Indústria do Plástico) [3] e a Figura 1 mostra a evolução da produção mundial de plásticos de 1950 a 2008.

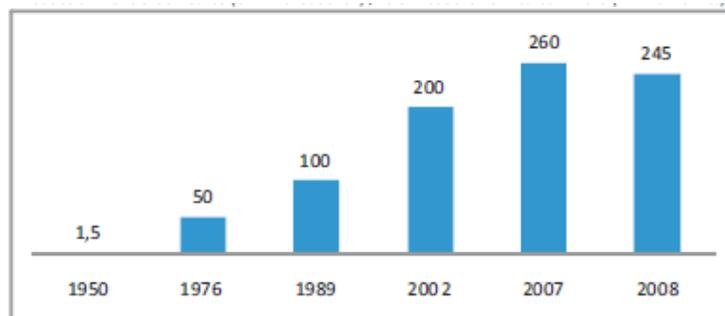


Figura -1: Produção Mundial de Plásticos ( em milhões de toneladas )  
fonte: Perfil da Indústria de Transformação de Material Plástico – edição de 2009

Apesar da grande variabilidade de compostos produzidos no setor plástico, a IAPD (*International Association of Plastics Distribution*) distribui os de maior uso numa pirâmide onde a base é preenchida por *commodities*, o centro por plásticos de engenharia enquanto o topo recebe plásticos de alto desempenho. Os plásticos definidos como *commodities* são intensamente utilizados nos setores Automobilístico, Eletro-Eletrônico, Alimentício, de Medicamentos, Vestuário e Acessórios, além de Construção Civil.[4] Além disso, os seis principais (listados na Tabela 1) [2] são normalmente reciclados por programas de coleta seletiva, daí a existência de marcação específica, como apresentada na Figura 2, nos produtos que visam o consumidor final. [5]

Tabela 1 Principais resinas termoplásticas e os símbolos utilizados para identificação destes materiais para reciclagem

Número para reciclagem	Iniciais e nome do polímero	Usos do plástico original	Usos do plástico reciclado
1	PET Polietileno Tereftalato	Garrafas para bebidas, frascos para alimentos e produtos de limpeza	Fibras de carpete, fibras de enchimento para isolantes, recipientes de uso não alimentar
2	PEAD Polietileno de alta densidade	Garrafas para leite, suco e água, sacolas (flexíveis)	Frascos de óleo e sabão, canecas, sacolas, canos de drenagem
3	PVC Policloreto de vinila	Frascos para alimentos e água, filmes para envolver alimentos, <i>blisters</i> para embalagem, materiais de construção, canos para água	Canos de drenagem, telhas, cones de trânsito
4	PEBD Polietileno de baixa densidade	Sacolas flexíveis para lixo, pão, leite, cereais; filmes flexíveis e recipientes	Sacos de lixo, canos para irrigação, garrafas de óleo
5	PP Polipropileno	Alças, tampinhas de garrafa, tampas, filmes, garrafas	Peças automotivas, fibras, baldes, lixeiras
6	PS Poliestireno	Copos de espuma, embalagem; talheres; móveis; utensílios	Isolantes, brinquedos, bandejas, embalagens rígidas
7	Outros	Vários	"Madeira" postes, cercas, pastilhas, etc.



Figura 2 Principais símbolos utilizados para identificação de resinas termoplásticas para reciclagem

Os principais processos de transformação das resinas termoplásticas são: Moldagem por extrusão, moldagem por sopro (via injeção ou extrusão), moldagem à vácuo, rotomoldagem, moldagem por injeção, calandragem e pultrusão. Por outro lado, os tipos mais comuns de reciclagem são: reciclagem mecânica, reciclagem química e recuperação energética. Assim, a maioria dos processos a que os plástico são submetidos implicam em ciclos de aquecimento, o que, por tratar-se de material orgânico, implica em reações químicas, que, por sua vez, levam a mudanças indesejadas nas propriedades mecânicas. Portanto, há um limite técnico na reciclagem mecânica pura e simples, e, inevitavelmente, em algum momento o material será processado apenas para recuperação energética.

Quanto à reciclagem mecânica ou química, os plásticos podem ser avaliados como co-produtos de dois modos distintos: nos processos de produção e no pós-consumo. No primeiro caso, os co-produtos advindos de plásticos industriais (aparas, rebarbas, sobras e matérias-primas fora de especificação) são considerados materiais "nobres", pois não estão misturados a outros resíduos e não necessitam de etapas de separação e lavagem. Estes co-produtos dificilmente são descartados; geralmente não saem das empresas

transformadoras, sendo reutilizados nas atividades produtivas [6].

Os co-produtos pós-consumo, contudo, apresentam uma série de problemas para uma efetiva reciclagem. A maior parte dos co-produtos pós-consumo se apresenta suja (contaminada por resíduos orgânicos), pois poucos municípios possuem coleta seletiva, o que onera custos e, muitas vezes, até torna inviável essa a reciclagem. A grande maioria dos catadores nunca foi treinada e seus conhecimentos sobre o assunto são adquiridos na prática do dia a dia. O preço dos materiais depende, entre outros fatores, da disponibilidade e da origem do material. A falta de fornecimento contínuo e homogêneo de matéria-prima é outro reflexo da inexistência de sistemas de coleta seletiva. O IPI (Imposto sobre Produtos Industrializados) é de 12%, superior ao da própria resina virgem, que gira na faixa de 10%, e isto resulta num desestímulo à reciclagem. Além disso, existem os intermediários, o que eleva consideravelmente o preço do plástico a ser reciclado e ainda há ausência de linhas de financiamento direcionadas às recicladoras. Em muitos casos o código de identificação das resinas (ABNT NBR 13.230) inexistente, fato que dificulta a separação dos diferentes tipos de plásticos. Nesse caso é preciso recorrer às características físicas dos materiais (densidade, comportamento ao calor e/ou teste da chama). Existem tecnologias e procedimentos para a separação dos plásticos, porém, o custo torna-se muito elevado dentro deste contexto. [7].

Dentro deste quadro, o setor de plástico, setor que apresenta produção expressiva e que pode originar um grande impacto ambiental, é um grande candidato para ser avaliado pelas ferramentas da Ecologia Industrial (fechamento de ciclo).

A Avaliação do Ciclo de Vida é uma técnica para avaliação dos aspectos ambientais e dos impactos potenciais associados a um produto, compreendendo as etapas que vão desde a retirada da natureza das matérias-primas elementares que entram no sistema produtivo (berço) até a disposição do produto final (túmulo), considerando a produção de energia; os processos que envolvem a manufatura; as questões relacionadas com as embalagens; o transporte; o consumo de energia não renovável; os impactos relacionados com o uso, ou aproveitamento e o reuso do produto ou mesmo questões relacionadas com o lixo ou recuperação / reciclagem.[8]

A Ecologia industrial é o ramo das ciências ambientais que visa analisar o sistema industrial de modo integrado, tendo em conta a sua interação com o meio biofísico envolvente, assim como do ecossistema em que se insere. A Ecologia Industrial é uma nova abordagem que, com menos de vinte anos, já é amplamente reconhecida devido à forma sistêmica com que analisa o sistema industrial, seus produtos, resíduos e as interações destes com o meio ambiente. A indústria química é a maior responsável pela dispersão de substâncias tóxicas no meio ambiente e torna-se urgente e necessário promover mudanças na forma de tratar os problemas ambientais. Remediar e controlar os poluentes não é mais suficiente, deve-se direcionar os esforços no sentido de reduzir e, principalmente, prevenir o descarte de substâncias nocivas ao ambiente.

A analogia entre sistemas industriais e ecossistemas vem ganhando força e induz a considerações sobre as interações do sistema industrial com o meio

ambiente o metabolismo industrial e a ecologia industrial exemplificam esta analogia. [9]

Alguns conceitos relevantes para a ecologia industrial são: metabolismo industrial, simbiose industrial e o fluxo de materiais.

Simbiose: simbiose é uma relação mutuamente vantajosa entre dois ou mais organismos vivos de espécies diferentes. A Simbiose Industrial: SI pode ser definida como um relacionamento simbiótico e de longo prazo entre empresas envolvendo trocas físicas e de recursos humanos e técnicos. Estas trocas visam a melhoria do desempenho ambiental e o aumento da vantagem competitiva coletiva. As relações simbióticas podem ocorrer dentro da mesma empresa, planta ou organização; entre empresas localizadas dentro de um parque industrial; entre empresas que não estão localizadas na mesma área ou entre empresas organizadas “virtualmente” em uma região mais ampla. [10]

Portanto, o objetivo deste trabalho foi desenvolver um estudo do fluxo de materiais no setor de plásticos e este artigo apresenta as informações prévias obtidas.

## Metodologia

A metodologia utilizada corresponde ao estudo de caso, onde 3 empresas foram avaliadas de acordo com as recomendações para fechamentos de ciclo na Ecologia Industrial.

As empresas avaliadas têm seus perfis listados na Tabela 2. e como é possível observar pela tabela, essas empresas atendem aos principais setores listados como relevantes para plásticos *commodities* e tem como co-produtos os principais plásticos listados nessa categoria. Neste conjunto, duas atuações distintas foram efetuadas: um grupo maior (2 empresas) foi avaliado apenas para compreender as relações de consumo e descarte, ou seja, o fluxo de materiais imediato e possíveis simbioses industriais. Contudo, um segundo grupo, formado por uma única empresa, foi avaliado em toda a sua cadeia de produção interna (operações unitárias), para estimar o impacto da redução do consumo e, posteriormente, comparar com o uso da simbiose industrial.

Tabela 2. Perfis das empresas estudo de caso.

Empresa	Nº de funcionários	Porte	Segmento	Produto comercializado	Tipos de co-produtos
A	30 a 50	pequeno	Alimentício	Carne Seca	PEBD, PP (ráfia)
B	30 a 50	pequeno	Lubrificantes	Aditivos e Lubrificantes	PEBD, PP, PVC
C	50 a 150	médio	Automobilístico	Forração Interna (carpet)	PET + EVA

## **Resultados e Discussão.**

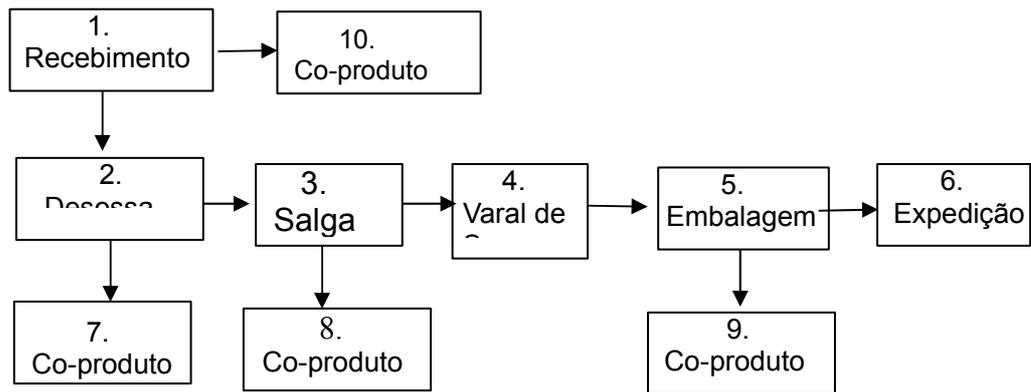
Este item inicia-se pela exposição dos resultados de otimização de consumo em uma empresa da área de frigorífico e, posteriormente, avalia-se, para um segundo grupo de empresas, o impacto na sustentabilidade pelo uso da simbiose industrial.

### *Avaliação da diminuição da formação de resíduo: Estudo de caso no segmento alimentício*

A Figura 3 descreve sucintamente as operações da empresa estudo de caso enquanto a Tabela 3 apresenta a quantidade de resíduos geradas anualmente dentro desse processo devido, principalmente, aos procedimentos adotados. Esta tabela também apresenta a quantidade de resíduo que é possível evitar de ser produzido. Assim, a matéria-prima (carne) é recebida do fornecedor e segue para a desossa, onde são gerados dois tipos de co-produtos, os sacos de PEBD das embalagens da carne e os ossos, que são recolhidos diariamente por uma empresa de graxaria. A carne segue para a salga, onde é gerado outro co-produto, o PP (sacos de rafia) das embalagens do sal. Após ficar em varais de secagem a carne processada segue para o setor de embalagem, onde é embalada, seguindo para a expedição. No setor de embalagem também são gerados co-produtos (aparas das embalagens e sacos de embalagens reprovadas).

A análise dos procedimentos mostra claramente algumas desvantagens. A empresa recebia o produto dos frigoríficos e o retirava das embalagens (PEBD) para sua industrialização. As embalagens contaminadas com sangue bovino eram acondicionadas em contêineres, aguardando a coleta e o posterior encaminhamento para o aterro sanitário. Neste período ocorria mal cheiro, tornando as embalagens em um vetor para transmissão de doenças. No setor de salga, as embalagens (PP) que acondicionavam o sal eram retiradas e posteriormente acondicionadas nos mesmos contêineres das embalagens contaminadas, o mesmo ocorria com as aparas e sobras do setor de embalagens (PEBD). Esses procedimentos resultavam em um passivo ambiental contaminado.

Portanto, os processos de melhoria foram os seguintes: As embalagens da matéria-prima recebida, contaminadas com sangue, passaram a ser lavadas com solução de hipoclorito de sódio, para higienização e descontaminação. Após a secagem, passaram a ser encaminhadas, juntamente com as embalagens do sal e as aparas do setor de embalagem do produto, para uma baia de acúmulo e, posteriormente enviadas à empresa de reciclagem (Figura 4). O que era um problema ambiental, devido à natureza do resíduo, passou a ser valorizado e utilizado como matéria-prima em outro processo de produção.



- 1 Matéria prima, embalada em caixas de papelão e internamente, sacos de PEBD
- 2 A carne é retirada das embalagens e é desossada
- 3 A carne é salgada, para conservação.
- 4 Perda de umidade da carne.
- 5 A condicionamento de produto para venda.
- 6 Expedição: Envio do produto para os clientes.
- 7 PEBD
- 8 PP
- 9 PEBD
- 10 Papelão

Figura 3 fluxograma das operações unitárias

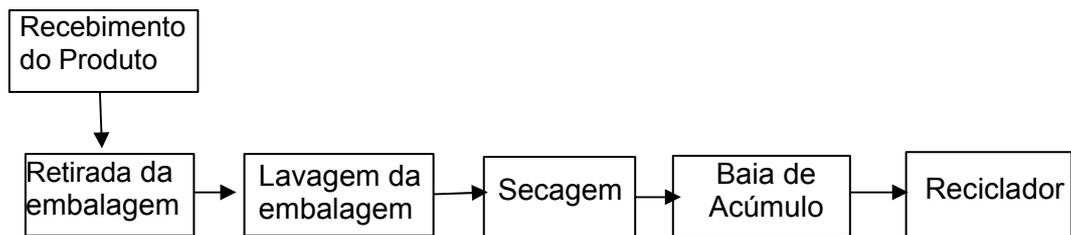


Figura 4 fluxograma da operação de limpeza de sacos plásticos

Tabela 3 Estimativa de resíduo e de diminuição da formação de resíduo

Resíduo	Quantidades mensais produzidas kg	Quantidades mensais diminuídas kg
Plásticos com sangue bovino (PEBD)	1.500 a 3.000	1.500 a 3.000
Sacos de rafia (PP)	500 a 1.000	500 a 1.000
Resíduos da embalagem dos produtos	1.600 a 3.000	1.600 a 3.000

## *Formação de simbiose com co-produtos em empresas das áreas de fabricação de madeira plástica*

Nas outras duas empresas avaliadas, os co-produtos gerados são, principalmente, PEBD, PEAD e PP e podem ser utilizados como matéria-prima em outros processos de produção, configurando a simbiose industrial, como se segue:

Na empresa B, os co-produtos gerados (PP, PEBD e PVC) são provenientes das embalagens dos produtos que eles mesmos produzem e que retornam à empresa pelo processo de logística reversa, que eles estão implementando, através de um distribuidor dos seus produtos. Estes materiais podem seguir para empresas de reciclagem dentro de uma dinâmica fornecedor/comprador.

Na empresa C, que produz forrações internas automotivas, grande parte das forrações já é confeccionada com fios de PET reciclado de embalagens de refrigerantes. Os co-produtos gerados têm origem nas aparas e refugos de produção. Um dos tipos de co-produto (aparas) já foi testado e aprovado para utilização como fibra de reforço de resinas de PP recicladas. Os outros tipos poderão ser utilizados como enchimento produtos isolantes térmicos e acústicos devido à sua baixa densidade e, por último, para recuperação de energia.

A avaliação da quantidade recolhida e destinada em relação ao total de produção (próxima etapa do trabalho) permitirá extrapolar a quantidade de co-produto que está incorretamente destinado como material não inerte na cadeia de produção.

### **Conclusões**

A minimização do consumo como o fechamento dos ciclos de produção representa melhoria significativa para a Sustentabilidade; contudo, não é possível se obter a situação de resíduo zero; portanto há também grandes possibilidades para a melhoria da sustentabilidade pelo uso do conceito de simbiose industrial e este estudo de caso sugere esta simbiose entre as áreas de alimentos, de lubrificantes e de plásticos.

### **Agradecimentos**

Os autores agradecem às empresas voluntárias para este estudo de caso.

### **Referências**

- [1] DALFRÉ, G. M. (2007), Cruzetas de Polímeros Reciclados: Caracterização dos Materiais, Análise Numérica e Ensaio de Modelos Reduzidos, Tese de Mestrado, Programa de Engenharia de Estruturas, USP, São Carlos, 192p., fev.
- [2] BAIRD, C. (2002), Química Ambiental: A Reciclagem de Plásticos. Tradução de RECIO, M. A. L.; CARRERA, L. C. M.. 2ed. Porto Alegre: Bookman, 2002.

p. 548-551.

- [3] Perfil da Indústria Brasileira de Transformação de Material Plástico, na edição de 2009
- [4] INTERNATIONAL ASSOCIATION OF PLASTICS DISTRIBUTION (2010), IAPD Thermoplastic Rectangle, disponível em: <[http://www.iapd.org/docs/bookstore/iapd\\_rectangle.pdf](http://www.iapd.org/docs/bookstore/iapd_rectangle.pdf)>. Acesso em 26/07/2010.
- [5] ABNT NBR 13230 (Identificação de Plásticos para Reciclagem)
- [6] SENAI-SP NÚCLEO AMBIENTAL ESCOLA SENAI MÁRIO AMATO-ESCOLA SENAI PROF. DR. EURYCLIDES DE JESUS ZERBINI (2004), Gestão de Resíduos. São Paulo: SENAI, 2004.
- [7] REVISTA PLÁSTICO MODERNO (2010), Prós e Contras da Reciclagem de Plásticos, disponível em: <<http://www.plastico.com.br/revista/pm323/plastivida2.htm>>. Acesso em 25/07/2010
- [8] AVALIAÇÃO DO CICLO DE VIDA (2010), O que é ACV?, disponível em: <[http://acv.ibict.br/sobre/oquee.htm/document\\_view](http://acv.ibict.br/sobre/oquee.htm/document_view)>. Acesso em 27/07/2010.
- [9] GIANNETTI, B. F., ALMEIDA, C. M. V. B, Ecologia Industrial: Conceitos, Ferramentas e Aplicações. 2ed. São Paulo: Edgard Blücher, 2006.
- [10] MADEIRA, V., Ecologia Industrial: Existem Empresas Que Não Tem Possibilidade de Simbiose?. São Paulo: 1<sup>st</sup> International Workshop Cleaner Production – IV Semana Paulista de P+L, disponível em: <<http://www.advancesincleanerproduction.net/first/textos%20e%20arquivos/CongressoUNIP/Oralpresentations/OP6A/OP6A1/Valeria%20Madeira%20-%20Presentation.pdf>> . Acesso em 27/07/2010

#### **Contatos:**

Luiz Tadeu de Oliveira Pitton.:

Mestrando do Programa de Mestrado do Centro Paula Souza (CEEPTEPS) – São Paulo – SP – Brasil

Professor de Química da E. E. Prof. Carlos Pasquale – São Paulo – SP – Brasil

Consultor da Empresa Legacy Gerenciamento Ambiental Ltda.

Fone: (11) 5073-5360 / 2063-1501 / 9187-5113

e-mail: [pitton@uol.com.br](mailto:pitton@uol.com.br) .

Profa. Dra. Maria Lúcia Pereira da Silva:

Professora do Programa de Mestrado do Centro Paula Souza (CEEPTEPS) - São Paulo – SP - Brasil .

Professora da Escola Politécnica USP – São Paulo – SP – Brasil Fone: (11) 3091-9726. e-mail: [malu@lsi.usp.br](mailto:malu@lsi.usp.br) .