

# DOSSIÊ TÉCNICO

Reciclagem de PET

Kátia Regina de Alencar Beltrão

Centro de Apoio ao Desenvolvimento Tecnológico  
da Universidade de Brasília – CDT/UnB

Dezembro de 2007

## Sumário

1. Introdução.....	02
2. Objetivo.....	04
3. O que é PET.....	04
4. Histórico do PET.....	04
5. Embalagem PET: por que reciclar?.....	05
6. Características da embalagem PET.....	06
7. Benefícios da Reciclagem PET.....	07
8. Reciclagem PET.....	07
9. Logística reversa.....	08
9.1 Atores e processos da cadeia reversa do PET.....	10
9.2 Recuperação da sucata.....	10
9.3 Recuperação.....	11
9.3.1 Coleta Seletiva.....	11
9.3.2 Coleta Dirigida.....	11
9.3.3 Seleção.....	12
9.3.4 Compactação.....	12
10. Revalorização.....	12
10.1 Linhas de moagem, lavagem e descontaminação de PET.....	13
10.1.1 Esquema de funcionamento básico de uma unidade de moagem, lavagem e descontaminação de PET.....	15
10.1.2 Esquema para planta de moagem (produção de flocos).....	16
11. Transformação.....	17
12. Clientes.....	18
13. Equipamentos.....	19
13.1 Reciclagem PET.....	19
13.2 Linhas de Revalorização.....	20
13.3 Prensas.....	21
Conclusões e Recomendações.....	22
Referências.....	23
Anexos.....	24

## Título

Reciclagem de Pet

## Assunto

Recuperação de materiais plásticos

## Resumo

O conceito de reciclagem surgiu há cerca de dez anos e desde então, a preservação ambiental tem sido sua bandeira ideológica. O progresso das técnicas industriais pôde viabilizar muitas atividades relacionadas com a reciclagem, além de gerar uma alternativa de investimento, geração de trabalho e renda e ampliar a conscientização da coleta seletiva reduzindo os impactos ambientais.

O índice de reciclagem pode ser muito melhorado e, para isso, todos os atores envolvidos podem contribuir. Hoje, 30% dos mais de 5 mil municípios brasileiros não contam com nenhum tipo de coleta e apenas cerca de 200 possuem um sistema de coleta seletiva (ABIPET, 2006), o que pode ensejar uma oportunidade de negócios, onde a atividade de Reciclagem de PET é uma ação recente no campo industrial.

Esse estudo tem por objetivo fornecer respostas às questões básicas para reciclagem de material PET quanto as tecnologias envolvidas, o processo de transformação e aplicação do material modificado.

## Palavras chave

Tereftalato de Polietileno, polímero, plástico; PET; coleta Seletiva, tratamento de resíduo; reciclagem; reciclagem mecânica; reciclagem química; reciclagem energética

## Conteúdo

### 1. Introdução

A reciclagem é um processo industrial que converte o lixo descartado (matéria-prima secundária) em produto semelhante ao inicial ou outro. Reciclar é economizar energia, poupar recursos naturais e trazer de volta ao ciclo produtivo o que é jogado fora. A palavra reciclagem foi introduzida ao vocabulário internacional no final da década de 80, quando foi constatado que as fontes de petróleo e outras matérias-primas não renováveis estavam e estão se esgotando. Reciclar significa = Re (repetir) + Cycle (ciclo).

No Brasil, seria importante que as pequenas e médias empresas recicladoras tivessem apoio financeiro e tecnológico para melhorar suas tecnologias de reciclagem, pois assim estariam contribuindo na geração de empregos, na diminuição de lixo e na produção de produtos de melhor qualidade com tecnologia "limpa".

A grande solução para os resíduos sólidos é aquela que prevê a máxima redução da quantidade de resíduos na fonte geradora. Quando os resíduos não podem ser evitados, deverão ser reciclados por reutilização ou recuperação, de tal modo que seja o mínimo possível o que tenha como destino final os aterros sanitários.

A reciclagem surgiu como uma maneira de reintroduzir no sistema uma parte da matéria (e da energia), que se tornaria lixo. Assim desviados, os resíduos são coletados, separados e

processados para serem usados como matéria-prima na manufatura de bens, os quais eram feitos anteriormente com matéria prima virgem.

Dessa forma, os recursos naturais ficam menos comprometidos.

A reciclagem de qualquer material pode ser dividida em:

- Coleta
- Seleção
- Revalorização e
- Transformação

A etapa de Coleta/Seleção é que representa o grande desafio da reciclagem do PET pós-consumo. Milhões de dólares são gastos em logística, distribuição e marketing para que no final das contas, os consumidores comprem produtos embalados em PET e levem até suas casas.

O consumidor faz a última etapa da distribuição levando-os dos supermercados e lojas até suas casas. Somente nas regiões metropolitanas do Brasil são 15 milhões de domicílios, 50 milhões de pessoas e 6 bilhões de embalagens de PET todo ano. O correto equacionamento da logística reversa das embalagens pós-consumo é que vai viabilizar a reciclagem de diversos materiais inclusive o PET.

A logística reversa é o processo pelo qual o material reciclável será coletado, selecionado e entregue na indústria de revalorização. Isto gera um grande empasse, de quem é que paga a conta da logística reversa, não é a indústria de embalagens, nem a indústria dos produtos embalados e nem a prefeitura. É toda a sociedade seja como contribuinte ou seja como consumidor.

Conforme estudos realizados na USP o Brasil deixa de economizar 6 Bilhões de dólares/ano por não reciclar os materiais presentes nas 200 mil toneladas de lixo gerados todos os dias. Ainda não estão contabilizados os custos de danos ambientais e sociais. Urgente é a elaboração de uma política nacional de resíduos sólidos, as ações estaduais e municipais para viabilização da logística reversa e o fortalecimento da indústria de reciclagem no Brasil.

Diversos produtos podem ser produzidos a partir da reciclagem do PET, como:

- **indústria automotiva e de transportes** - tecidos internos (estofamentos), carpetes, peças de barco;
- **pisos** - carpetes, capachos para áreas de serviços e banheiros;
- **artigos para residências** -enchimento para sofás e cadeiras, travesseiros, cobertores, tapetes, cortinas, lonas para toldos e barracas;
- **artigos industriais** - rolos para pintura, cordas, filtros, ferramentas de mão, mantas de impermeabilização;
- **embalagens** - garrafas, embalagens, bandejas, fitas;
- **enfeites** - têxteis, roupas esportivas, calçados, malas, mochilas, vestuário em geral;
- **uso químico** - resinas alquídicas, adesivos.

Ano	Produção	Consumo	Reciclagem	%Reciclado/ Produção	%Reciclado/ Consumo
1997	170 mil	180 mil	27 mil	15,9	15
1998	260 mil	224 mil	40 mil	15,38	17,9
1999	295 mil	245 mil	50 mil	16,9	20,4
2000	340 mil	272 mil	67 mil	19,71	24,6

Fig.1 Produção, consumo e reciclagem de PET no Brasil  
Fonte: ABEPET - 2001

As embalagens de garrafas plásticas para bebidas (PET) são ideais para o acondicionamento de alimentos, devido às suas propriedades de barreiras que impossibilitam a troca de gases e absorção de odores externos, mantendo as características originais dos produtos envasados. Além disso, são leves, versáteis e 100% recicláveis.

O processo de reciclagem do PET no Brasil é o mecânico, é o mais utilizado e o mais comum. O processo de reciclagem mecânica de embalagens plásticas para bebidas (PET) requer, em média, apenas 30% da energia necessária para a produção de matéria-prima.

## 2. Objetivo

Este dossiê tem por premissa básica apresentar de forma detalhada informações técnicas, relacionadas a reciclagem de embalagens PET.

## 3. O que é PET



Fig. 2. PET

Disponível em: <<http://www.abipet.org.br/oqepet.php>>

O PET - Poli (Tereftalato de Etileno) - é um poliéster, polímero termoplástico.

Simplificando, PET é o melhor e mais resistente plástico para fabricação de garrafas e embalagens para refrigerantes, águas, sucos, óleos comestíveis, medicamentos, cosméticos, produtos de higiene e limpeza, destilados, isotônicos, cervejas, entre vários outros como embalagens termoformadas, chapas e cabos para escova de dente.

O PET proporciona alta resistência mecânica (impacto) e química, além de ter excelente barreira para gases e odores. Devido às características já citadas e o peso muito menor que das embalagens tradicionais, o PET mostrou ser o recipiente ideal para a indústria de bebidas em todo o mundo, reduzindo custos de transporte e produção. Por tudo isso, oferece ao consumidor um produto substancialmente mais barato, seguro e moderno.

## 4. História do PET

A primeira amostra desse material foi desenvolvida pelos ingleses Whinfield e Dickson, em 1941. As pesquisas que levaram à produção em larga escala do poliéster começaram somente após a Segunda Grande Guerra, nos anos 50, em laboratórios dos EUA e Europa. Baseavam-se, quase totalmente, nas aplicações têxteis. Em 1962, surgiu o primeiro poliéster pneumático. No início dos anos 70, o PET começou a ser utilizado pela indústria de embalagens.

O PET chegou ao Brasil em 1988 e seguiu uma trajetória semelhante ao resto do mundo, sendo utilizado primeiramente na indústria têxtil. Apenas a partir de 1993 passou a ter forte expressão no mercado de embalagens, notadamente para os refrigerantes. Atualmente o PET está presente nos mais diversos produtos.

A introdução da embalagem de PET (polietileno tereftalato) no Brasil, em 1988, além de trazer as indiscutíveis vantagens ao consumidor, trouxe também o desafio de sua reciclagem, que nos fez despertar para a questão do tratamento das 200 mil toneladas de lixo descartadas diariamente em todo Brasil.

As embalagens PET são 100% recicláveis. O PET (polietileno tereftalato) é um material termoplástico. O polímero de PET é um poliéster, um dos plásticos mais reciclados em todo o mundo devido a sua extensa gama de aplicações: fibras têxteis, tapetes, carpetes, não-tecidos, embalagens, filmes, fitas, cordas, compostos, etc. Isto significa que ele pode ser reprocessado diversas vezes pelo mesmo ou por outro processo de transformação. Quando aquecidos a temperaturas adequadas, esses plásticos amolecem, fundem e podem ser novamente moldados.

A embalagem de PET quando reciclada tem inúmeras vantagens sobre outras embalagens do ponto de vista da energia consumida, consumo de água, impacto ambiental, benefícios sociais, entre outros.

O PET possui algumas características, como:

- absoluta transparência
- grande resistência a impactos
- maior leveza em relação às embalagens tradicionais
- brilho intenso

Não é PET todos os plásticos que tenham sido fabricados através de outro processo que não o de sopro. Os mais comuns são: baldes, bacias, copos, cabides, réguas, apontadores, pentes, mangueiras, sacos, sacolas, potes de margarina, filmes de PVC, entre outros.

A embalagem PET é 100% reciclável e a sua composição química não produz nenhum produto tóxico, sendo formada apenas de carbono, hidrogênio e oxigênio.

A embalagem entregue para a reciclagem deverá estar amassada, torcida, sem o ar e sem resíduos em seu interior. No caso de garrafas, colocar de volta a tampa de rosca bem vedada, para impedir a entrada do ar. Se a tampa não for de rosca, basta torcer ou amassar bem a embalagem. Este procedimento é necessário, pois ainda não existe amassador desenvolvido para compactar embalagens PET.

## **5. Embalagem PET: por que reciclar?**

A indústria de reciclagem do PET brasileira "*nasceu da necessidade das produtoras de resina e engarrafadoras de refrigerante responderem às pressões da sociedade quanto ao destino das embalagens pós-consumo*" (Compromisso Empresarial para Reciclagem (Cempre)). Em relação ao fabricante, há três forças motrizes que podem direcionar suas ações a favor da reciclagem: a economia, a legislação e a responsabilidade estendida.

O PET tem sido considerado um vilão ambiental por demorar séculos para se degradar e ocupar grande parte do volume dos aterros sanitários, interferindo de forma negativa nos processos de compostagem e de estabilização biológica (FORLIN; FARIA, 2002; SANTOS *et al.* 2004). Apesar de representarem apenas 4% a 7% em massa do lixo urbano, os plásticos ocupam de 15% a 20% do seu volume (LIMPURB, 2004; PLASTIVIDA, s.d.). Além disto, os resíduos plásticos, quando descartados em lugares inadequados, causam um impacto ainda maior ao meio ambiente. Portanto, a reciclagem tem sido o "caminho" de tratamento de resíduo plástico que mais tem concentrado esforços no âmbito das estratégias empresariais e governamentais.

Um importante vetor de expansão para reciclagem do PET tem sido "*a crescente demanda dos processadores, quer seja por motivações econômicas ou ecológicas. No caso do PET, existem maiores estímulos oriundos da indústria transformadora*" (ABIPET). A evolução da cadeia e os avanços tecnológicos têm impulsionado novas aplicações para o PET reciclado, das cordas e fibras têxteis aos carpetes, bandejas de frutas e até mesmo novas garrafas. "*Somente os associados da ABIPET consomem cerca de 80% da sucata de PET pós-consumo*" (ABIPET).

No caso das embalagens PET, as motivações econômicas são: aumento de vida útil dos aterros, geração de empregos, reinserção social dos catadores, economia de energia e matéria-prima, redução dos custos de coleta, transporte e disposição final do lixo, reutilização adequada dos resíduos e proteção do meio ambiente (SPINACÉ, PAOLI, 2005, PLASTIVIDA, s. d.).

As embalagens de PET, "*quando devidamente separadas, proporcionam para os trabalhadores o segundo melhor rendimento no comércio de sucata*" (ABIPET). Sua reciclagem, além de utilizar apenas 30% da energia necessária para a produção da resina virgem, pode ser feita várias vezes sem prejudicar a qualidade do produto final (ABIPET, s.d. a).

Um ponto crítico para as legislações locais é a distribuição de responsabilidades pelas embalagens ao longo da cadeia produtiva: o processador da resina, o engarrafador e o distribuidor (SANTOS, *et al.* 2004). Na União Européia, foram estabelecidas por lei metas de recuperação e reciclagem para o setor de embalagens (Diretiva 94/62/EC).

No Brasil, a gestão de resíduos urbanos é atribuição dos governos municipais, mas inexistente legislação nacional específica sobre o manejo dos resíduos sólidos. Com base justamente na Diretiva Européia, tramita no Congresso Nacional Brasileiro um projeto de lei - Política Nacional de Resíduos Sólidos (2002) - que atribui à cadeia produtiva responsabilidade pela recuperação e reciclagem das embalagens descartadas pelo consumidor. "*Sendo a lei aprovada, as empresas terão de mobilizar a cadeia produtiva no sentido de recuperar as embalagens usadas*" (Compromisso Empresarial para Reciclagem (Cempre)).

Do ponto de vista tributário, há outro entrave, o resíduo de PET pós-consumo é taxado em 15% de IPI e os demais polímeros, em 5%, segundo decreto 4.544 e tabela do IPI (decreto 4.542), ambos de 26/12/2002 (SPINACE; PAOLI, 2005).

Nessa cadeia, a participação do consumidor é sempre requisitada como parte fundamental do sistema de coleta. Sua ação no descarte da embalagem pode inviabilizar o processo de reciclagem, o que amplia a necessidade de aumento de informações sobre a reciclagem de materiais. Alguns incentivos ao "caminho" correto já implementados no Brasil foram dois projetos do Grupo Pão de Açúcar (2006). O primeiro com a instalação de máquinas receptoras na rede de Supermercados Extra, projeto denominado "Recicle e Ganhe Extra", cujo depósito da embalagem PET ou alumínio equivale a cupons de troca na loja. O outro projeto é a "Estação de Reciclagem Pão de Açúcar-Unilever", uma parceria dessas empresas na qual "Postos de Entrega Voluntária" recebem materiais recicláveis, que são doados a cooperativas de catadores. Em cinco anos foram instalados postos em 100 lojas, abrangendo 17 municípios, o que resultou na coleta de 9 mil toneladas.

## **6. Características da embalagem PET**

Três características são importantes para reciclabilidade: a composição da embalagem, o padrão de uso e as características de deterioração. Os resíduos plásticos possuem certas peculiaridades quanto a densidade e composição que dificultam a organização de uma infraestrutura de coleta (FORLIM; FARIA, 2002). O PET é um polímero termoplástico que pode ser utilizado numa variada gama de aplicações e tem a vantagem de ser 100% reaproveitável. "*Um material de embalagem não deve ser apenas reciclável, deve ser, de fato, reciclado*" (ABIPET, 2005 c). Entretanto, existem restrições que devem ser consideradas desde a concepção da embalagem.

As engarrafadoras têm um papel fundamental no desenho de projetos que facilitem a separação dos diferentes componentes da embalagem, evitando mistura de materiais, adesivos, aditivos e rótulos (SANTOS *et al.* 2004). Por outro lado, a pesquisa e o planejamento de embalagens com componentes que favoreçam a sua degradação ambiental é um desafio e um dilema, pois envolvem itens que se contrapõem à função primordial da embalagem, de proteção e manutenção da estabilidade de alimentos (FORLIM; FARIA, 2002).

Uma meta importante seria tornar as embalagens mais amigáveis do ponto de vista ambiental. Pode-se dizer que neste quesito houve avanços nos últimos anos. As embalagens de refrigerante atualmente não apresentam a base-cup (feita de PEAD, polietileno de alta densidade), não utilizam anel metálico nas tampas e os rótulos não levam cola (ABIPET, 2005 c).

A reciclagem de embalagens pós-consumo caracteriza-se por um elevado nível de contaminação (orgânica e inorgânica), heterogeneidade de materiais, baixo valor relativo de reciclabilidade e alto impacto sanitário-ambiental (FORLIN; FARIA, 2002). "*O custo ambiental e econômico da separação e limpeza destes materiais para a reciclagem mecânica é alto*" (PCI Associate Consulting). "*Se a coleta seletiva fosse bem estruturada, conseguir-se-ia mais PET com menos contaminação*" (Compromisso Empresarial para Reciclagem (Cempre)).

As principais dificuldades com a coleta de PET dizem respeito à separação por coloração e tipo, devido aos seus múltiplos usos e aplicações, e à contaminação por outros materiais plásticos, além de cola e sujeira. A presença de materiais estranhos, como cola, outros plásticos, como o PVC (Policloreto de Vinila), metais, areia, terra e ferrugem constituem-se contaminantes na reciclagem de embalagens PET (CEMPRE/ ABIPET, 1997.). "*Uma garrafa de PVC, por exemplo, pode inviabilizar a reciclagem de 20 mil garrafas de PET*" (ABIPET). "*Quanto melhor for a separação dos diferentes tipos de materiais, maior será a qualidade de cada um e, conseqüentemente, o seu valor de mercado*" (Compromisso Empresarial para Reciclagem (Cempre)). A fim de facilitar a separação de materiais plásticos no processo de reciclagem, o PET é facilmente identificado pelo número 1 no triângulo (ABIPET, 2005 c).

Após a seleção, faz-se necessária a prensagem e o enfardamento da sucata. "*É recomendável a retirada de tampas e rótulos, seguindo do amassamento primários com o pé*" (ABIPET). No caso do PET, os recicladores recomendam a apresentação em fardos de 100 kg, com no máximo 2% de outros plásticos, e isentos de impurezas, para maximizar o valor comercial do produto (CEMPRE, 2005 b).

Os plásticos são considerados substratos inertes, com índices de decomposição variáveis (quase desprezíveis) por elementos ambientais, tais como luz, umidade, calor e microrganismos. Quando degradados, podem originar substâncias não inócuas, de prolongada persistência e restrito controle ambiental. A não degradabilidade no ambiente tem sido um dos fatores a respeito dos quais ambientalistas têm centrado suas campanhas, muitas vezes em detrimento das vantagens e dos avanços obtidos na utilização de resinas plásticas para o desenvolvimento de embalagens para alimentos (FORLIM; FARIA, 2002).

## **7. Benefícios da Reciclagem PET**

A reciclagem do PET tem muitos benefícios, como:

- redução do volume de lixo coletado, que é removido para aterros sanitários, proporcionando melhorias sensíveis no processo de decomposição da matéria orgânica (o plástico impermeabiliza as camadas em decomposição, prejudicando a circulação de gases e líquidos);
- economia de energia elétrica e petróleo, pois a maioria dos plásticos é derivada do petróleo, e um quilo de plástico equivale a um litro de petróleo em energia;
- geração de empregos (catadores, sucateiros, operários, etc.);
- menor preço para o consumidor dos artefatos produzidos com plástico reciclado aproximadamente 30% mais baratos do que os mesmos produtos fabricados com matéria-prima virgem.

## **8. Reciclagem PET**

O PET pode ser reciclado de três maneiras diferentes:

a) **Reciclagem química.** Utilizada também para outros plásticos, separa os componentes do PET, fornecendo matéria-prima para solventes e resinas, entre outros produtos.

A reciclagem química re-processa plásticos, transformando-os em petroquímicos básicos que servem como matéria-prima em refinarias ou centrais petroquímicas. Seu objetivo é a recuperação dos componentes químicos individuais para reutilizá-los como produtos químicos ou para a produção de novos plásticos.

Os novos processos desenvolvidos de reciclagem química permitem a reciclagem de misturas de plásticos diferentes, com aceitação de determinado grau de contaminantes como, por exemplo, tintas, papéis, entre outros materiais.

Entre os processos de reciclagem química existentes, destacam-se:

- **Hidrogenação:** As cadeias são quebradas mediante o tratamento com hidrogênio e calor, gerando produtos capazes de serem processados em refinarias.
- **Gaseificação:** Os plásticos são aquecidos com ar ou oxigênio, gerando-se gás de síntese contendo monóxido de carbono e hidrogênio.
- **Quimólise:** Consiste na quebra parcial ou total dos plásticos em monômeros na presença de Glicol/Metanol e água.
- **Pirólise:** É a quebra das moléculas pela ação do calor na ausência de oxigênio. Este processo gera frações de hidrocarbonetos capazes de serem processados em refinaria.

b) **Reciclagem energética.** O calor gerado com a queima do produto pode ser aproveitado na geração de energia elétrica (usinas termelétricas), alimentação de caldeiras e altos-fornos. O PET tem alto poder calorífico e não exala substâncias tóxicas quando queimado.

Outros materiais combustíveis também podem ser utilizados.

A reciclagem energética distingue-se da incineração por utilizar os resíduos plásticos como combustível na geração de energia elétrica. Já a simples incineração não reaproveita a energia dos materiais. A energia contida em 1 kg de plástico é equivalente à contida em 1 kg de óleo combustível. Além da economia e da recuperação de energia, com a reciclagem ocorre ainda uma redução de 70 a 90% da massa do material, restando apenas um resíduo inerte esterilizado.

c) **Reciclagem mecânica.** Praticamente todo o PET reciclado no Brasil passa pelo processo mecânico, que pode ser dividido em: Recuperação; Revalorização; e Transformação.

## 9. Logística reversa

A logística reversa ou Cadeia em Circuito Fechado (*Closed-loop chain*) da embalagem PET no contexto brasileiro está representada na Fig. 3, ênfase é dada à cadeia reversa, foco deste estudo, mostrando os "caminhos" e "descaminhos" que a embalagem PET pode fazer após o consumo.

Figura 1: Cadeia em Circuito Fechado: "caminhos" e "descaminhos" das embalagens PET no Brasil.

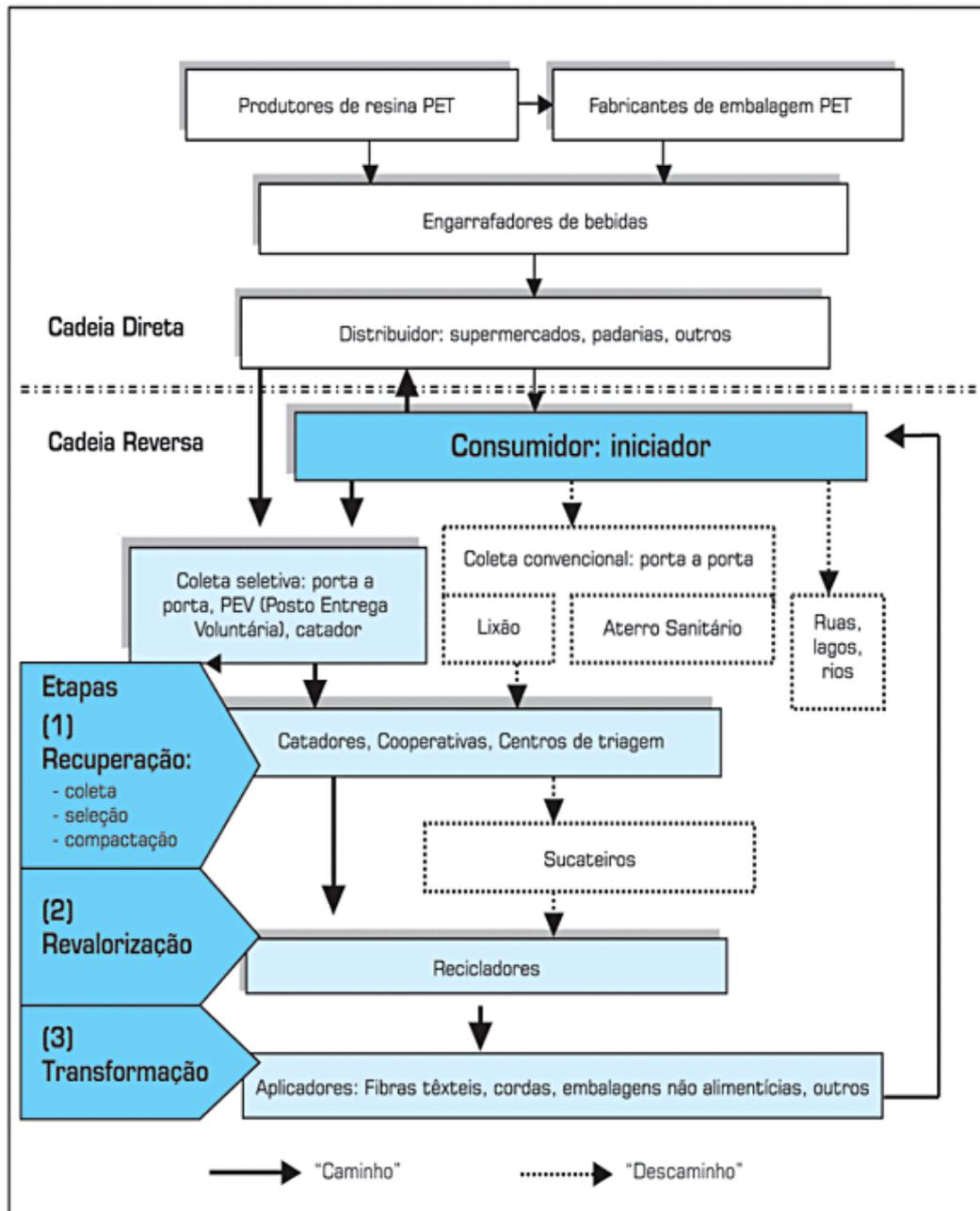


Fig. 3 Logística reversa

Disponível em: <[http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0104-14282002000100006&script=sci\\_arttext&lng=pt](http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0104-14282002000100006&script=sci_arttext&lng=pt)>.

As embalagens não recicladas, no conceito de *one way* (via única), caracterizam o "descaminho" na medida em que permanecem em aterros, lixões, praias, ruas e rios. Já aquelas que voltam ao ciclo produtivo através da reciclagem constituem o "caminho" correto, fechando o circuito. *"Na minha visão, reciclar PET é outro jeito de fabricar PET."*

*Você pode fabricar PET a partir de matéria-prima virgem ou você pode fabricar PET a partir do próprio PET* (PCI Associate Consulting). Para que a embalagem PET volte ao ciclo ou ao "caminho" são necessárias três fases: (1) Recuperação: que vai do descarte até a composição de fardos de PET; (2) Revalorização: que se finaliza com a moagem em flocos ou o beneficiamento em grãos; (3) Transformação: que resulta na aplicação do PET reciclado em produtos finais.

Seguindo-se a estrutura de análise de De Brito e Dekker (2002) sobre por que, o que e como acontecem os processos dentro da estrutura cadeia reversa, apresenta-se a seguir o fluxo reverso da embalagem PET no Brasil.

## 9.1 Atores e processos da cadeia reversa do PET

Os principais atores do processo de reciclagem do PET são a sociedade, o poder público e o poder privado. O consumidor é aquele que inicia o processo, sendo o responsável por colocar a embalagem PET no "caminho" da reciclagem, selecionando-a na origem (casa). No caso de coleta seletiva, os programas brasileiros apresentam duas modalidades básicas de coleta seletiva (GRIMBERG; BLAUTH, 1998): (1) porta a porta; ou (2) em Postos de Entrega Voluntária em locais de grande afluxo de pessoas. Na primeira modalidade, o esforço é das prefeituras ou de catadores. Já na segunda, o consumidor é quem deve encaminhar o material reciclável aos postos de coleta.

O sistema de coleta seletiva proporciona material mais livre de contaminações. Conseqüentemente, a sucata assim coletada tem maior valor. Outro benefício desse sistema de coleta é tirar os catadores dos lixões, trazendo-os para cooperativas organizadas. Apesar de um pequeno número de prefeituras declararem ter programas de coleta seletiva (em torno de 400), os catadores estão presentes em pelo menos 1.900 cidades brasileiras (IBGE, 2000). Sob a lógica da sustentabilidade, deve-se investir em política pública para educação da população, com vistas à mudança de atitudes e valores, e não em gastos elevados com a disposição de resíduos. No caso de coleta convencional, a embalagem entra no circuito do "descaminho", indo para aterros sanitários ou lixões, onde perde seu valor ou é resgatada por catadores.

O governo pode ser um dos protagonistas na implementação de boas práticas de coleta seletiva, de incentivos à organização de cooperativas de catadores e de redução de tributos.

Uma vez que o sistema de coleta de material constitui o primeiro passo para viabilizar as atividades recicladoras, a oneração do setor público pode ser evitada, tornando o setor produtivo responsável por seus resíduos (SANTOS *et al.* 2004). A indústria também pode colaborar evitando a descontinuidade de compra, incentivando a capacitação de catadores, reduzindo intermediários e aumentando o valor do produto (entrevista 3).

Algumas entidades têm sido criadas para fomentar a reciclagem no país: a ABIPET, órgão ligado à cadeia produtiva do PET, o CEMPRE, responsável pelo incremento da atividade de reciclagem de todos os materiais, e a Plastivida Instituto Socioambiental dos Plásticos, associação criada pela Associação Brasileira da Indústria Química (ABIQUIM).

Tais esforços a favor da reciclagem têm estimulado o surgimento de uma variedade de tecnologias e centros de pesquisa e desenvolvimento voltados para o setor. Zanin e Mancini (2005) listam 28 universidades e centros de pesquisa brasileiros que desenvolvem investigações relacionadas a reciclagem e reutilização de resíduos, sobretudo com o foco no desenvolvimento tecnológico.

A reciclagem mecânica de plásticos é o modo mais convencional, no Brasil, de se recuperar o valor agregado à embalagem PET. Como qualquer outro processo industrial, a reciclagem mecânica deve ser economicamente viável, requerendo, entre outros fatores, garantia de fornecimento contínuo de material reciclável, tecnologias apropriadas para os diferentes produtos e valor de comercialização para os novos produtos que compense os investimentos aplicados no processo (SPINACÉ; PAOLI, 2005). Na reciclagem do PET, o processo envolve três fases: (1) recuperação, (2) revalorização e (3) transformação.

## 9.2 Recuperação da sucata:

Nesta fase, as embalagens que são atiradas no lixo comum (descaminho) voltam a ser de matéria-prima (caminho). A recuperação de sucatas no Brasil apresenta um perfil semelhante para os diferentes tipos de materiais recicláveis (plástico, papel, vidro e metais, dentre outros). No primeiro nível, os catadores coletam os materiais recicláveis em diversas fontes: ruas, condomínios, escritórios e comércio, dentre outras. O ciclo do reaproveitamento começa nas mãos dos catadores, muitas vezes passa por atravessadores, e vai para as fábricas de reciclagem e indústrias de transformação.

Uma característica peculiar do Brasil é a presença de catadores que usufruem da atividade

de coleta de resíduos recicláveis, fazendo do país um dos maiores recicladores mundiais (SANTOS, *et al.*, 2004). A maior parte do suprimento de resíduos ao setor produtivo é proveniente da atividade de catadores (SANTOS, *et al.* 2004). Em 2003, 80% da coleta PET para reciclagem dependia do trabalho dos catadores (CZAPSKI, 2003). Famílias que sobrevivem dos lixões vivem situações análogas à escravidão, e uma profusão de intermediários minimiza ganhos de quem está na base (CZAPSKI, 2005).

A legalização, o incentivo e a profissionalização dos catadores pela formação de cooperativas, além de inserir socialmente essa parcela da população, podem contribuir para a viabilização da coleta seletiva (SANTOS, *et al.* 2004, JACOBI, 2006). Algumas experiências de organização dos catadores apresentam características gerenciais e de estruturação interna muito interessantes. Em alguns casos, como em Porto Alegre, Belo Horizonte, São Paulo, o poder público municipal aliou-se aos catadores na busca de um arranjo institucional que pudesse viabilizar um sistema de coleta (JACOBI, 2006). "*As cooperativas proporcionam ao catador maiores ganhos no comércio de sucatas, através dos princípios de solidariedade, organização do trabalho e aumento na quantidade de material*" - (Cempre).

Entretanto, ainda atuam concomitantemente na cadeia catadores cooperados e autônomos, estes últimos atuando em condições mais precárias e submetidos ao domínio dos "sucateiros". Os recicláveis são comprados por pequenos sucateiros e ferros-velhos, que são proprietários de área na qual são acumulados estes materiais (CEMPRE, 2005 b). Após uma pré-seleção, os recicláveis são revendidos a grandes sucateiros, que possuem grandes depósitos, nos quais ocorre uma separação manual ou mecânica para seleção dos diferentes tipos, retirada de impurezas em excesso e, em muitos casos, um pré-beneficiamento (CEMPRE, 2005 b). São então vendidos para as indústrias recicladoras, visando o reaproveitamento final. Cabe destacar que "*o sucateiro, apesar de fragilizar a remuneração dos catadores, não onera o preço para os elos subseqüentes da cadeia, pois o poder de barganha das grandes indústrias recicladoras e transformadoras é significativo*" (ABIPET).

## **9.1 Recuperação**

### **9.1.1 Coleta Seletiva**

Alguns municípios têm em vigor a coleta seletiva do lixo urbano. Isto significa que o cidadão é orientado a separar seu lixo, acondicionando separadamente o lixo orgânico dos recicláveis - o papel, o vidro, a lata, os plásticos e o PET. Esse material já separado pode então ser vendido, obtendo recursos que financiam todo o processo. É importante salientar que devem ser considerados os custos e receitas diretas, assim como as despesas indiretas que deixam de existir. Por exemplo: a coleta seletiva do vidro ocasiona a diminuição de serviços públicos de saúde prestados a munícipes que se acidentam com o transporte da embalagem.

### **9.1.2 Coleta Dirigida**

A alternativa para a coleta em municípios que não disponham da coleta seletiva é a denominada coleta dirigida, que nada mais é do que a conscientização da população local para a separação do material reciclável, entregando-a a pontos de coleta ou aguardando a data fixada para a coleta domiciliar.

Essa modalidade de coleta ocorre das seguintes formas:

- Através de Cooperativas de Catadores. É freqüente encontrarmos municípios em que existem Cooperativas de Catadores dos mais diversos produtos. Quando elas atuam, a população sabe que de uma forma ou de outra sua embalagem será recolhida, em muito favorecendo o processo de coleta e de reciclagem. Outra vantagem da ação cooperativa está em sua própria natureza, estimulante da solidariedade e eliminadora da concorrência predatória entre os catadores; ademais, o catador não tem com a cooperativa uma relação trabalhista, sujeita à legislação pertinente.

- Por micro empresas que se encarregam de arrematar um número de empregados encarregados de coletar de diferentes formas o material desejado. O grande problema

desta modalidade está na complexa e onerosa relação trabalhista advinda.

- Pela atuação de entidades de assistência social. A entidade respeitada pela comunidade por sua ação social exemplar tende a contar com carinho e simpatia da população, que procura ajudar seu trabalho meritório entregando o material desejado. O material coletado é vendido e o resultado aplicado nas ações sociais. As grandes vantagens desta forma de atuação estão no forte apelo emocional, na inexistência de pagamento pela coleta e no fato de o trabalho ser realizado por voluntários, minimizando os problemas trabalhistas. A dificuldade ocorre pela inexperiência da gerência de tais entidades com o trato da logística operacional da coleta, prensagem e venda do material; esta deficiência pode ser compensada pelo trabalho voluntário técnico ou pelo aparecimento de empresas gestoras da atividade.

Pela cooperação entre duas das formas acima, por exemplo, quando uma micro empresa efetua convênio com uma entidade assistencial, resolvendo suas recíprocas deficiências.

### 9.1.3 Seleção

As embalagens pós-consumo, coletadas nas formas já examinadas, serão objeto de triagem, com o propósito de:

- a) separá-las por cor
- b) evitar sua contaminação com qualquer outro tipo de plástico, metais e outros materiais.

### 9.1.4 Compactação

Selecionadas as embalagens pós-consumo, deverão ser prensadas e amarradas, para diminuir seu volume e facilitar o transporte.

Há muitos modelos de prensa que poderão ser utilizadas para a prensagem do PET. O seu porte e sistema de acionamento dependerão da quantidade, da intensidade do uso e dos recursos financeiros disponíveis.

As embalagens prensadas são, então, amarradas com cintas de PET reciclado, cordas ou cordões. Não é recomendado enfardamento com arames ou fitas metálicas devido a questões de segurança.

## 10. Revalorização

As empresas recicladoras são responsáveis pelo re-processamento da embalagem PET, transformando-a em dois subprodutos: flocos (*flake*) e grãos (*pellets*). São encontrados três padrões de especialização neste elo da cadeia - Associação Brasileira da Indústria do PET (ABIPET): produção de *flakes*; produção de grãos, a partir da embalagem; produção de grãos a partir do *flake*. A partir desta especialização se estabelecem diferentes interações entre estas empresas, podendo-se encontrar empresas fornecedores de *flake* para beneficiadores de grãos ou para transformadores.

Os recicladores especializados na produção de *flake* no Brasil, em sua maioria (56%), são de micro ou pequeno porte, com a existência de algumas empresas de médio porte (ABIPET, 2005 b). Elas beneficiam os resíduos, através de separação manual, moagem, lavagem com água e secagem. Neste caso, há necessidade de grande quantidade de resíduos plásticos coletados, em média 150 toneladas/mês, para tornar a atividade lucrativa, limitando a região geográfica para implantação da empresa (ABIPET).

Outros condicionantes da lucratividade do empreendimento estão ligados ao grande aporte de recursos necessários para que a reciclagem seja realizada com níveis de pureza exigidos pelo processo produtivo e pelo mercado. Atualmente, é encontrada uma dezena de empresas desta magnitude, o que representa 11% dos recicladores que processam acima de 500 toneladas/mês (ABIPET, 2005 b). "*Multiplicam-se plantas de baixo investimento (em torno de 200 mil reais), que se restringem a produzir o flake de qualidade duvidosa*"

(entrevistado 1). Essas empresas ficam submetidas a um beneficiador ou transformador que aprimore a qualidade de seu *flake*.

As empresas que reciclam PET estão concentradas nas regiões Sudeste e Sul. De acordo com a Plastivida (*s.d.*), existem atualmente no Brasil 126 recicladoras de PET, distribuídas por diferentes regiões do país, com destaque para o Sudeste, alcançando 61% do total de empresas. Com um perfil reativo desde suas origens e caracterizada por pequenos empreendedores, esta indústria tem sido pouco inovadora dentro da cadeia reversa, apesar de se beneficiar de toda a capilaridade da estrutura de catação já estabelecida para coleta de papéis e latas de alumínio.

Na revitalização as garrafas são moídas, ganhando valor no mercado. O produto que resulta desta fase é o floco da garrafa. Pode ser produzido de maneiras diferentes e, os flocos mais refinados, podem ser utilizados diretamente como matéria-prima para a fabricação dos diversos produtos que o PET reciclado dá origem na etapa de transformação. No entanto, há possibilidade de valorizar ainda mais o produto, produzindo os grãos de PET reciclado. Desta forma o produto fica muito mais condensado, otimizando o transporte e o desempenho na transformação.

### **10.1 Linhas de moagem, lavagem e descontaminação de PET**

As linhas de moagem, lavagem e descontaminação de PET começaram a ser comercializadas no Brasil em meados de 1995.

O grande "boom" deste mercado começou a ocorrer em meados de 1999, época em que aumentou em muito o número de linhas de lavagem e descontaminação de PET.

Assim como no caso dos outros plásticos o PET é coletado na sua grande maioria junto a sucateiros, que normalmente por falta de uma política adequada aos resíduos ainda os retiram de lixões.

Como qualquer material, as condições de obtenção do material que se pretende moer e lavar, influência muito na qualidade final do produto.

Existem também as chamadas "reverse vending machines", que são máquinas onde pode-se depositar as garrafas PET vazias trocando-as por cupons que dão direito a um determinado valor.

As RVM's são consideradas uma grande promessa no mercado de coleta de materiais, pois podem ser colocadas em postos de gasolina, supermercados, shopping center's, etc.

O grande problema da reciclagem do PET ainda reside na coleta incipiente do material.

Segundo a ABEPET - Associação Brasileira dos Fabricantes de Embalagem de PET, que congrega também os recicladores, a reciclagem tem alcançado índices muito satisfatórios dada as dificuldades apresentadas.



Fig. 4 Troca de garrafas por bônus

Disponível em: <<http://www.reciclaveis.com.br/negocios/Pet/LinhaPET.htm>>

De acordo com informações divulgadas pela ABEPET o Brasil reciclou em 1999 50 mil toneladas de PET, contra as 40 mil de 1998.

Porém ainda estamos longe de resolver o problema do descarte adequado deste material.

A associação através de uma série de iniciativas busca insistentemente equacionar este problema, ajudando a promover a coleta e desenvolver projetos que beneficiem a reciclagem do PET.

A seguir uma linha básica de reciclagem de PET, bem como a descrição do processo; e o esquema apresentado serve como modelo nas principais recicladoras espalhadas pelo País.

É certo que alguns fogem deste Layout e acabaram adequando os seus processos em função da qualidade do material recebido.

Ao material obtido, após este processo dar-se o nome de "flake", são pequenos flocos de PET que posteriormente serão reutilizados na cadeia de transformação.



Fig. 5 Fardos de PET

Disponível em: <<http://www.reciclaveis.com.br/negocios/Pet/LinhaPET.htm>>

Segundo dados da ABEPET, os produtos obtidos a partir do PET em flakes e percentual de aplicação de materiais reciclados estão assim divididos:

- 41% (fibra de Poliéster)
- 16% (não tecidos)
- 15% (cordas)
- 10% (resina insaturada)

# Linha de moagem e lavagem de PET

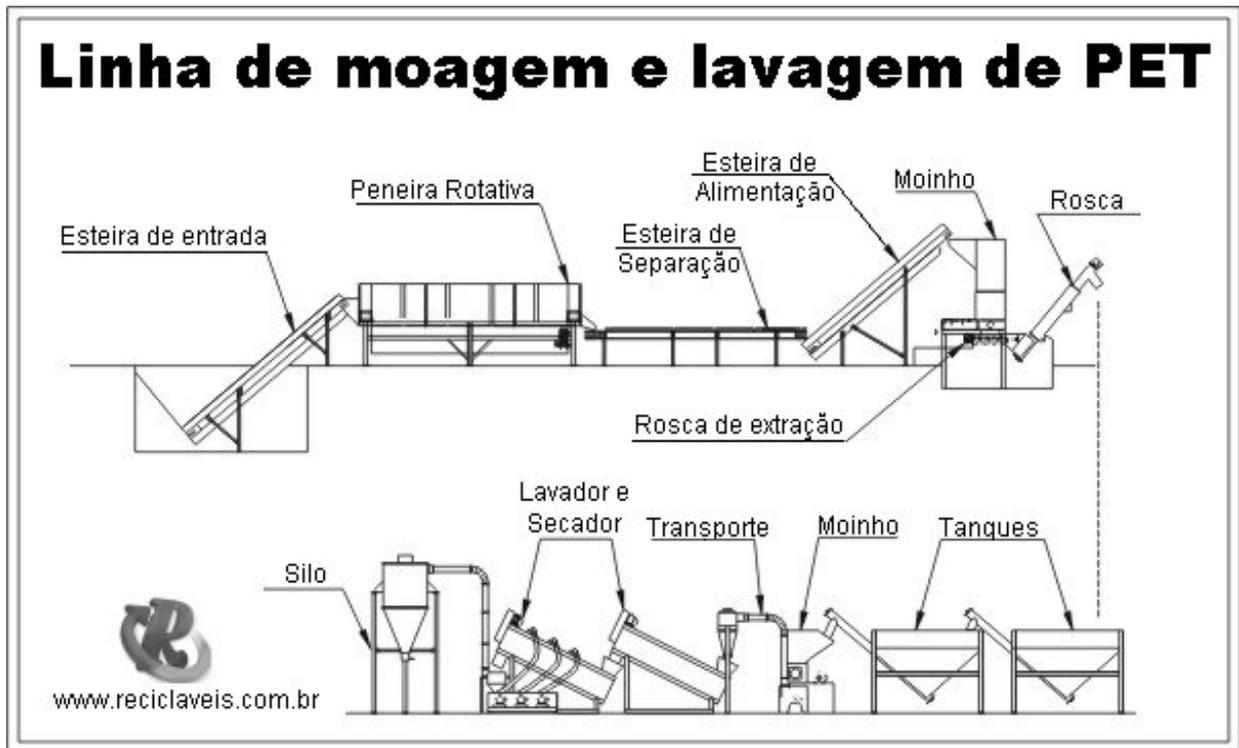


Fig. 6 Linha de moagem e lavagem de PET

Disponível em: <<http://www.reciclaveis.com.br/negocios/Pet/LinhaPET.htm>>

## 10.1.1 Esquema de funcionamento básico de uma unidade de moagem, lavagem e descontaminação de PET:

- O PET chega em fardos que são desfeitos e depositados na esteira de entrada
- Passa por uma peneira rotativa, normalmente com utilização de água. (separa pedras e outras sujeiras menores)
- Passa por uma esteira de separação, onde é feita uma inspeção visual.
- Em seguida é feita a primeira moagem no material de onde é extraído, para em seguida passar aos tanques..
- Nos tanques separam-se os rótulos e tampas; e o material passa por uma descontaminação.
- É feita uma segunda moagem passando o material por um lavador e secador, em seguida passando para o silo de onde é retirado em "big-bags", estando pronto para ser granulado ou enviado para outras indústrias.



Fig. 7 O material coletado nem sempre é de boa qualidade

Disponível em: <<http://www.reciclaveis.com.br/negocios/Pet/LinhaPET.htm>>

### 10.1.2 Esquema para planta de moagem (produção de flocos)

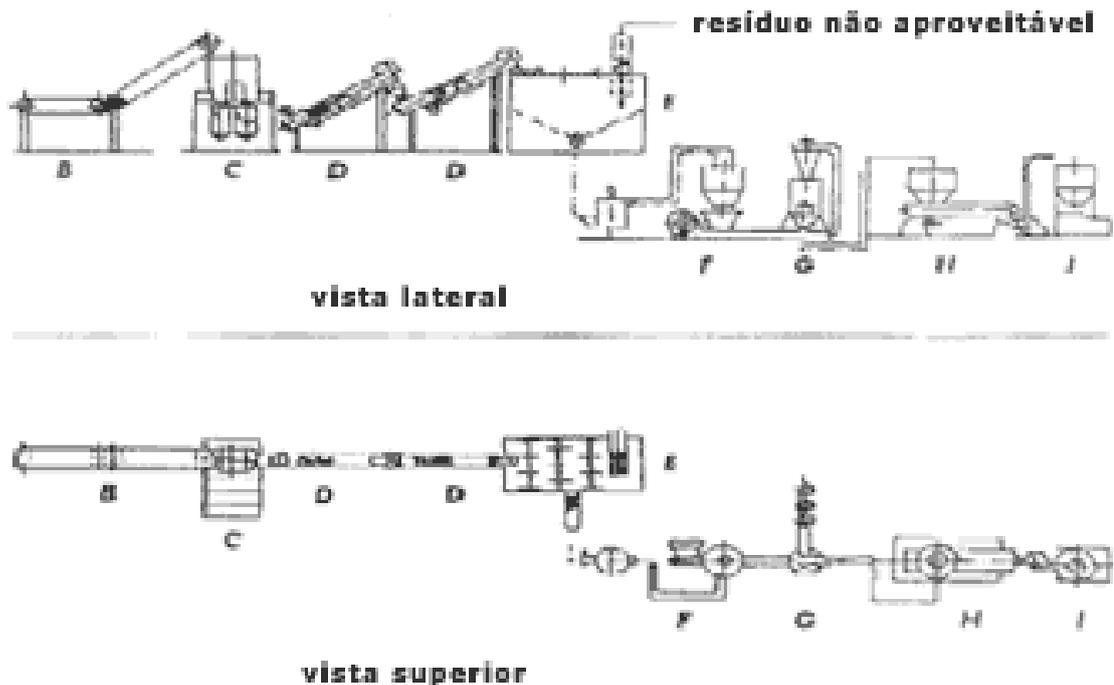


Fig. 8 Esquema para planta de moagem

Disponível em: <[http://www.abipet.org.br/informapet\\_ler.php?id=3&db=2&pg=0](http://www.abipet.org.br/informapet_ler.php?id=3&db=2&pg=0)>

**B. Classificação** - Classificação em esteira transportadora com largura de 600mm, motor de 2HP e redutor 1:60. Separação em uma esteira dos diferentes tipos de plásticos, de acordo com a identificação ou com o aspecto visual. Nesta etapa são separados também rótulos de diferentes materiais, tampas de garrafas e produtos compostos por mais de um tipo de plástico, embalagens metalizadas, grampos, etc.

Por ser uma etapa geralmente manual, a eficiência depende diretamente da prática das pessoas que executam essa tarefa. Outro fator determinante da qualidade é a fonte do material a ser separado, sendo que aquele oriundo da coleta seletiva é mais limpo em relação ao material proveniente dos lixões ou aterros.

**C. Moagem e Lavagem** - Moagem e lavagem contínuos, com moinho específico para PET de dois motores de 40HP e painel com chave compensadora, eixos verticais e com duas peneiras de saídas laterais. É muito importante ter certeza de que nesta etapa, nenhum outro tipo de plástico seja moído juntamente com o PET.

É bom lembrar que moinhos para polietileno e polipropileno não servem para moer o PET, salvo sejam feitas adaptações no equipamento.

Deverá ser feita uma manutenção periódica das facas dos moinhos.

Após separados os diferentes tipos de plásticos, estes são moídos e fragmentados em pequenas partes.

Após trituração, o plástico passa por uma etapa de lavagem com água para a retirada dos contaminantes. É necessário que a água de lavagem receba um tratamento para a sua reutilização ou emissão como efluente.

**D. Enxague** - Enxágüe contínuo por meio de duas roscas sem fim com L = 2,5m, diâmetro de 280mm, potência de 2HP e 4 entradas de água em ¾".

**E. Descontaminação** - Tanque de separação e descontaminação em aço com 1,4m/2,8m

de comprimento, com 1HP de potência, duas roscassem fim para drenagem de água com L = 2,5m, diâmetro de 280mm e 2HP de potência cada uma.

**F. Pré-secagem** - Pré-secador composto de centrífuga vertical contínua com cesta de diâmetro de 600mm, comprimento de 500mm e potência de 25HP.

**G. Secagem e Eliminação de Pó** - Secador contínuo elétrico a ar quente com 30KW de aquecimento, com ventilador de 5HP de movimentação e sistema para exaustão do pó.

Além de completar a secagem, o material é compactado, reduzindo-se assim o volume que será enviado à extrusora. O atrito dos fragmentos contra a parede do equipamento rotativo provoca elevação da temperatura, levando à formação de uma massa plástica. O aglutinador também é utilizado para incorporação de aditivos, como cargas, pigmentos e lubrificantes.

**H. Classificação das Partículas (Opcional)** - Classificador de partículas e eliminador de pó de peneiras vibratórias e separador tipo ciclone com 7HP de potência.

**I. Ensacagem** - Um ensacador.

A extrusora funde e torna a massa plástica homogênea. Na saída da extrusora, encontra-se o cabeçote, do qual sai um "espaguete" contínuo, que é resfriado com água. Em seguida, o "espaguete" é picotado em um granulador e transformando em pellet (grãos plásticos).

## 11. Transformação

A etapa de transformação utiliza o material revalorizado e o transforma em outro produto vendável, o produto reciclado.

A transformação mecânica em novos materiais ou produtos, consiste em submeter os materiais plásticos a processos mecânicos, moldando-os fisicamente em uma forma diferente da original. Os materiais termoplásticos, como é o caso das embalagens plásticas primárias de alimentos, adequam-se vantajosamente ao processo, preservando, em grande parte, as propriedades físicas, químicas e mecânicas dos polímeros originais.

Os materiais plásticos de embalagem que possuem PET na sua constituição, devido à qualidade relativa intrínseca da resina, ao volume de material utilizado e ao valor agregado das embalagens, têm sido bastante visados para reciclagem, sob o ponto de vista empresarial. A sua transformação em novos materiais ou produtos incluem a produção de fibras multifilamento (fabricação de cordas) e monofilamento (produção de fios de costura); a moldagem de produtos para o setor de autopeças, lâminas para termo-formadores e formadores a vácuo, embalagens de detergentes; embalagens secundárias e terciárias de alimentos; tecidos, carpetes, pallets, entre outros.

O maior problema na reciclagem de PET é sua contaminação com PVC, pois ambos submergem na separação por densidades.

Como qualquer outro processo industrial a reciclagem mecânica deve ser economicamente viável, requerendo, entre outros fatores, garantia de fornecimento contínuo de material reciclável, tecnologias apropriadas para os diferentes produtos e valor de comercialização para os novos produtos que compense os investimentos aplicados no processo.

A maioria das empresas transformadoras produz flocos ou fibras para diversas aplicações, que vão de fibras a artefatos plásticos. De acordo com a ABIPET (2005b), em sua maioria, são empresas de grande porte (45%) ou de médio (35%). As fibras têxteis são o principal destino do PET reciclado no Brasil, 37,1% em 2004 (ABIPET, 2005 b), assim como no mundo. Nos Estados Unidos, por exemplo, 54,6% do PET reciclado foi empregado pelo setor têxtil (NAPCOR, 2005). A legislação brasileira (Resolução nº 105, ANVISA 1999) veta a utilização de materiais plásticos procedentes de embalagens, fragmentos de objetos, materiais reciclados, ou já utilizados, à exceção do PET. Contudo, disponibiliza a utilização,

em dependência de regulamentação de processos tecnológicos específicos para a obtenção destes materiais (FORLIN; FÁRIA, 2002; SANTOS, *et al.*, 2004). Para este fim foram desenvolvidas tecnologias conhecidas como "bottle-to-bottle", que envolvem etapas de lavagem, descontaminação, cristalização, pós-condensação no estado sólido e extrusão do PET. (SPINACÉ, PAOLI, 2005).

No Brasil "*já existem três plantas industriais produzindo com este sistema, porém somente para embalagens destinadas ao segmento de higiene e limpeza*" (entrevistado 1). Mesmo que a legislação fosse favorável, "*várias especificidades da realidade brasileira trazem sérios obstáculos à utilização do PET reciclado para embalagens alimentícias: dificuldades de fiscalização, falta de coleta seletiva, catação em lixões e mistura do lixo seco e úmido na sua origem*" (ABIPET). A necessidade de regulamentação advém da probabilidade de absorção de produtos químicos tóxicos (armazenamento de pesticidas, produtos automotivos, solventes e ação microbiológica de resquícios de alimentos, dentre outros) durante a reutilização das embalagens para outros fins (SANTOS *et al.* 2004 ). Alguns países da Europa, EUA e Canadá já possuem tecnologias regulamentadas para a utilização de resinas recuperadas de materiais plásticos em embalagens de alimentos, especialmente os fabricados com PET. Nos Estados Unidos, esta utilização já representa 14,3% do PET reciclado (NAPCOR, 2005).

Ademais, "*é um tema que exige cuidados, pois de um lado estão os produtores da resina virgem que desejam barrar este processo, e de outro as engarrafadoras com interesses de redução de custos e melhoria de sua imagem de responsabilidade ambiental*" (PCI Associate Consulting). Os fabricantes brasileiros de embalagem PET sustentam que um aumento expressivo nos índices de reciclagem do setor demandaria a disseminação do chamado processo bottle-to-bottle, que consiste no uso de garrafas usadas para a produção de novas garrafas de bebida (ABIPET).

Parece claro que a reciclagem do PET precisa avançar em termos de qualidade e confiabilidade, de modo a vencer barreiras técnicas que possibilitem a aplicação dos plásticos nos mais variados segmentos, inclusive no contato direto com alimentos. A reciclagem garrafa a garrafa é um desafio para o mercado de PET que, se vencidas as barreiras legais, técnicas e operacionais, fecha o ciclo de vida da resina.

Outro fator limitador é a suposta resistência do consumidor frente a produtos reciclados (ABIPET). Ao contrário do setor papelero, que fez do papel reciclado uma *grife*, sinônimo de responsabilidade social, no mundo dos poliésteres, as indústrias ainda temem a rejeição do público, que poderia imaginar que a fibra reciclada de PET deve ser mais barata e, portanto, de pior qualidade e/ou danosa à saúde. "*Todos receiam que o público pense que os produtos são de baixa qualidade por usar algo que vem do lixo*" (Czapski, 2003, p. 20).

## **12. Clientes**

Apesar da falta de incentivos fiscais, a reciclagem do PET, ainda apresenta um mercado promissor, pois o preço da resina virgem no mercado é de R\$ 4,00/Kg, enquanto o preço do PET reciclado é de R\$ 1,10. Conseqüentemente, existe uma grande procura pelo material reciclado e toda produção de PET reciclado é facilmente vendida em função do grande apelo econômico.

Os clientes são compostos por empresas de reutilização do PET, os quais fabricam novos produtos com o flocos de PET. A maioria encontra-se localizada no Rio de Janeiro, em São Paulo e no interior paulista, e são compostas por indústrias que fabricam os seguintes produtos:

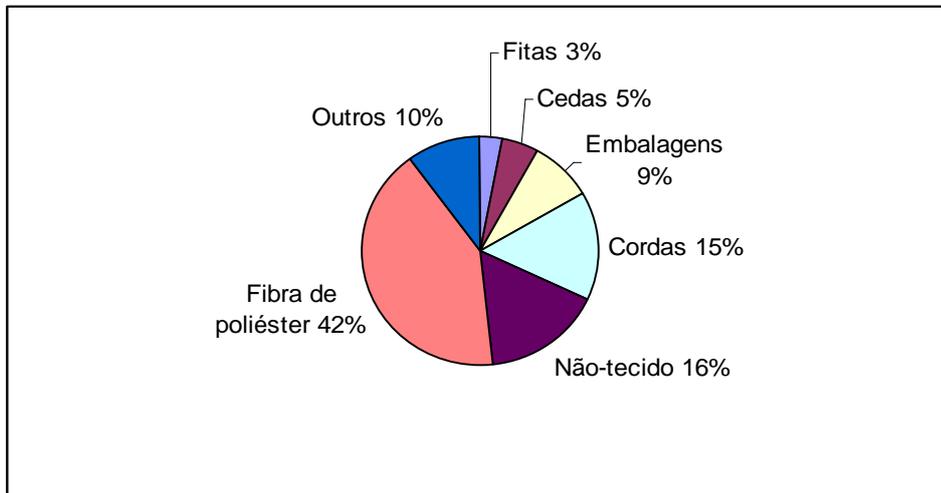


Fig. 9 Produtos do PET reciclado

Disponível em: <<http://www.em.ufop.br/depro/curso/monografias/2003ricardooliveira.pdf>>.

Como pode-se observar, o maior mercado para o flocos de PET é a produção de fibras para a indústria têxtil, fios de costura (não-tecido) e cordas. Como fabricação de embalagens, o flocos de PET ainda possui uma participação tímida de 9%. Esta pequena participação deve-se ao fato deste não poder ser utilizado em embalagens de gêneros alimentícios, devido ao risco contaminação. No entenato, a introdução no Brasil da tecnologia de fabricação da embalagem de três camadas, sendo a camada interior de PET reciclado (não entrando em conato com o alimento), permitirá uma maior utilização deste material na indústria de embalagens, aumenando ainda mais sua procura.

### 13. Equipamentos

#### 13.1 Reciclagem PET



Fig. 10 Cristalizadores e secadores tipo HOPPER para flakes e granulados de PET

Disponível em: <<http://www.krown.com.br/equipamentos.htm>>

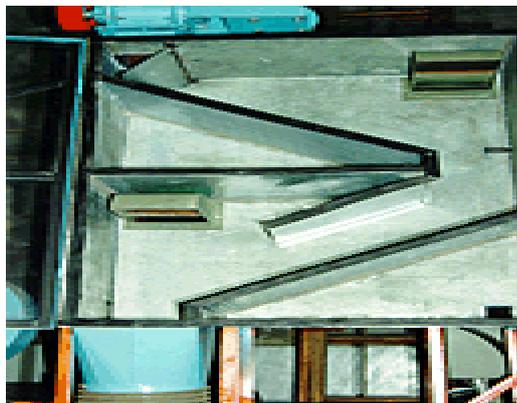


Fig. 11 Separadores de finos, hidrociclones, tanques de descontaminação  
Disponível em: <<http://www.krown.com.br/equipamentos.htm>>



Fig. 12 Sistema de separação de líquidos por roscas duplo envelope. Silos com roscas  
homogeneizadoras  
Disponível em: <<http://www.krown.com.br/equipamentos.htm>>



Fig.13 Roscas transportadoras helicoidais de diversas capacidades em carbono inox  
Disponível em: <<http://www.krown.com.br/equipamentos.htm>>

### 13.2 Linhas de Revalorização



Fig. 14 Linha de revalorização de PE, PP de 300 a 1000Kg/h  
Disponível em: <<http://www.krown.com.br/equipamentos.htm>>



Fig. 15 Linha de revalorização de PET de 250 a 1.200Kg/h  
Disponível em: <<http://www.krown.com.br/equipamentos.htm> >



Fig.16 Tanque de descontaminação e lavadoras de grande capacidade.  
Disponível em: <<http://www.krown.com.br/equipamentos.htm> >



Fig.16 Tumbladores em aço inox para retirada de contaminações grosseiras para linha de revalorização de plástico  
Disponível em: <<http://www.krown.com.br/equipamentos.htm> >

### 13.3 Prensas



Fig.17 Prensas hidráulicas verticais de 8, 12, 20 toneladas para enfardamento de plástico, papel, etc.  
Disponível em: <<http://www.krown.com.br/equipamentos.htm> >

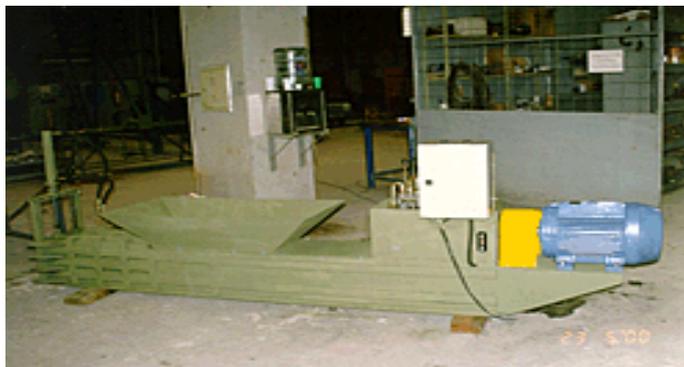


Fig.18 Prensas hidráulicas horizontais de 30, 40, 50 toneladas para enfardamento de alumínio, ferro, aço, etc.

Disponível em: <<http://www.krown.com.br/equipamentos.htm> >

## Conclusões e recomendações

Empresas que incorporam o desempenho ambiental dentro de uma visão estratégica de recuperação de seus produtos terão uma vantagem distinta frente à concorrência. Para que isso ocorra, elas precisam considerar a gestão logística articulada com a gestão do fim da vida não como uma forma de disposição organizada do produto, mas como um "circuito fechado", isto é, como estratégia de recuperação do valor econômico e ambiental.

Obviamente, as estratégias de fluxo fechado necessitam de uma organização logística importante, ainda que seja apenas pela obrigação de manter uma relação direta com os clientes e atender à legislação cada vez mais rigorosa. Todavia as vantagens e as oportunidades comerciais são múltiplas.

A reciclagem no Brasil enfrenta grandes dilemas e, por essa razão, apesar do seu rápido crescimento na última década, precisa superar alguns desafios de forma a atingir níveis mais avançados em direção à sustentabilidade. O dilema de compatibilizar a função intrínseca do sistema de embalagem com os problemas ambientais decorrentes do descarte pós-consumo sem critério é um desafio para as entidades de pesquisa, empresas fabricantes de embalagens e sociedade.

As principais dificuldades com a coleta de PET dizem respeito à separação e à contaminação por outros materiais plásticos, além de cola e sujeira. Além disso, a presença de atravessadores, os chamados "sucateiros", dificulta o avanço da qualidade do processo produtivo, quer seja na qualidade e confiabilidade de entrega da coleta, quer seja pela precarização da força de trabalho envolvida (catadores), com nítidos obstáculos à sua maior profissionalização. Somam-se a isso as poucas iniciativas de coleta seletiva, em comparação com o universo urbano no país. Por fim, é urgente uma revisão das políticas públicas tanto em termos tributários, quanto da gestão dos resíduos urbanos, nas três esferas de governo.

Apesar destas dificuldades, a reciclagem do PET tem fortes apelos nas dimensões ecológica e econômica, além do seu papel social no Brasil. A capilaridade dos catadores como agentes da reversão das embalagens dos produtos consumidos torna mais amplo o alcance e a viabilidade dos volumes reciclados. Além disso, sua presença cotidiana nas metrópoles traz importantes desdobramentos quanto à educação e à ampliação da consciência ambiental.

Desta forma, é necessário maior investimento em informação e tecnologia. Levar ao grande público o conhecimento sobre a reciclabilidade dos materiais, instruindo sobre como proceder para o correto descarte das embalagens também parece ser uma medida fundamental. Desenvolver tecnologias que permitam materiais mais fáceis de reciclar, inofensivos e inertes, para proteção do meio ambiente é outra importante frente de ação.

Sendo a reciclagem mecânica o principal processo utilizado no Brasil na cadeia reversa do

PET, destaca-se como principal vantagem a acessibilidade a pequenas e médias empresas.

Isto se deve ao fato de ser uma tecnologia de fácil absorção, marcada pela baixa intensidade tecnológica, à menor necessidade de mão-de-obra qualificada e ao pequeno aporte de investimento demandado. Além disso, a reciclagem mecânica permite a reutilização do PET para um número variado de produtos, voltado a um mercado consumidor de amplo espectro, indo de baldes e vassouras até roupas e materiais construtivos, que por sua vez apresentam um ciclo de vida mais longo do que as embalagens.

No âmbito da indústria de transformação, uma das dificuldades é o tabu quanto à utilização do material reciclado, dificultando a abertura de novas oportunidades de compra entre empresas aplicadoras que utilizam o PET para produtos de uso final. Além disso, a baixa confiabilidade da origem do reciclado, a indiferença entre matéria-prima virgem e reciclada e a pouca preocupação com o design das embalagens pelas engarrafadoras são obstáculos adicionais à expansão da cadeia.

O sucesso na reciclagem de embalagem PET pós-consumo está estreitamente relacionado: a fatores culturais, políticos e socioeconômicos da população; à implementação de empresas recicladoras; à existência de programas de coleta seletiva, numa perspectiva de gestão compartilhada dos resíduos (JACOBI, 2006); à disponibilidade contínua de volumes recicláveis; ao desenvolvimento de tecnologias e equipamentos compatíveis para os "caminhos" de reciclagem econômicos e tecnicamente viáveis; à programas de fomento para projetos de embalagem; a redução de tributação ou isenção fiscal para a comercialização de produtos reciclados; e a sanções legais para ações ou agentes não integrados com sistemas de reciclagem na cadeia produção-utilização-consumo de embalagens (FORLIN; FARIA, 2002)

Múltiplos atores são envolvidos na estrutura da cadeia reversa do PET e nenhum dos setores, seja público ou privado, conseguirá individualmente organizar-se para o alcance da escala desejável. O alcance de bons resultados nesse setor, também, depende de se investir em etapas anteriores e posteriores à reciclagem, ou seja, na coleta seletiva e no mercado para o produto reciclado. A atuação conjunta do governo, universidades, organizações não-governamentais e empresas pode criar incentivos para o avanço da reciclagem no país. Numa outra lógica, os resíduos têm um ciclo de vida a cumprir, o que implica entrar no "caminho" da cadeia produtiva da reutilização e da reciclagem. Geração de trabalho, renda e economia de recursos são desdobramentos naturais da lógica do não-desperdício.

Recomenda-se a leitura do dossiê técnico "Desenvolvimento da Qualidade na Reciclagem de Plásticos" <<http://sbrtv1.ibict.br/upload/dossies/sbrt-dossie64.pdf>>.

## Referências

Dias; S. Lopes; Francelino; Gonçalves. **Estrutura da cadeia reversa: "caminhos" e "descaminhos" da embalagem PET**

Teodósio; A. dos Santos; Sousa. **Estrutura da cadeia reversa: "caminhos" e "descaminhos" da embalagem PET**

AMBIENTE BRASIL. Disponível em:

<[http://www.ambientebrasil.com.br/composer.php3?base=residuos/index.php3&conteudo=/\\_residuos/reciclagem/pet.html](http://www.ambientebrasil.com.br/composer.php3?base=residuos/index.php3&conteudo=/_residuos/reciclagem/pet.html)>. Acesso em 04 nov. 2007

RECICLÁVEIS. Disponível em: <<http://www.reciclaveis.com.br/negocios/Pet/LinhaPET.htm>>. Acesso em: 04 nov. 2007

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DO PET - ABIPET. Disponível em:<[http://www.abipet.org.br/informapet\\_ler.php?id=12&db=1&pg=0](http://www.abipet.org.br/informapet_ler.php?id=12&db=1&pg=0)>. Acesso em: 04 nov. 2007

MÃO PARA O FUTURO. Disponível em:

<[http://www.maoparaofuturo.org.br/noticias\\_det.php?not=111](http://www.maoparaofuturo.org.br/noticias_det.php?not=111)>. Acesso em: 05 nov. 2007

SCIELO - CONSIDERAÇÕES SOBRE A RECICLAGEM DE EMBALAGENS PLÁSTICAS.

Disponível em: <[http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0104-](http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0104-14282002000100006&script=sci_arttext&tlng=pt)

[14282002000100006&script=sci\\_arttext&tlng=pt](http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0104-14282002000100006&script=sci_arttext&tlng=pt)>. Acesso em: 05 nov. 2007

COMPROMISSO EMPRESARIAL PARA RECICLAGEM - CEMPRE. Disponível em:

<<http://www.cempre.org.br/>>. Acesso em: 06 nov. 2007

## Anexos

### 1. Legislação

Lei nº 9.605, de 12 de fevereiro de 1998, que “dispõe sobre as sanções penais e administrativas derivadas de condutas e atividades lesivas ao meio ambiente, e dá outras providências”,

### 2. Fornecedores de máquinas e equipamentos

#### **JeffPlásticos-Soluções para Industria do Plástico**

Representação, Intermediação, Compra e Vendas de Maquinas Injetoras de Plásticos, Sopradoras, Extrusoras todas, Mesas de Corte e Solda, Impressoras de Filmes, Reciclagem, Moinhos, Sistemas de Refrigeração, Tampografia, Grade Magnética, Sopradoras de PET, Envasadoras, Equipamentos de Automação, Desumidificadores, Secadores, Alimentadores, Sistemas de Alimentação Central. Contato –Jefferson.

Fone: (19) 9739.0060

LEME – SP

[www.hploco.com/jeffplasticos](http://www.hploco.com/jeffplasticos)

#### **Maquinas para Reciclagem de plásticos**

Fábrica de máquinas e equipamentos para reciclagem de plásticos

Fone: (47) 3361 8755

Rua 980, 62 - Centro - BALNEARIO CAMBORIU - SC - CEP:88330000

[www.maqfort.maquinas.zip.net](http://www.maqfort.maquinas.zip.net)

#### **Moinhos para plásticos**

Moinhos de diversas capacidades , 200mm a 1000 mm , para PP/PE/PET/PS, Borra etc...

Fabricação de linhas completas para Moagem , extrusão , e triagem Lavadoras , secadoras , extrusoras, aglutinadores

BALNEARIO CAMBORIU - SC - CEP:88330579

[www.reciclar.brazil.zip.net](http://www.reciclar.brazil.zip.net)

#### **Wortex Máqs. e Equip. Ltda.**

Fone: (19) 3246 2555

Fax: (19) 3246 1886

R. Dr. Elton César 587, 13082-025 Campinas, SP

## Nome do técnico responsável

Kátia Regina de Alencar Beltrão

## Nome da Instituição do SBRT responsável

CDT/UnB

## Data de finalização

06 Dez. 2007