



1st
INTERNATIONAL WORKSHOP
ADVANCES IN CLEANER PRODUCTION

IV
SEMANA PAULISTA DE P+L
CONFERÊNCIA PAULISTA DE P+L

Reciclagem de PET Bottle-to-Bottle

ALEXANDRE FORMIGONI FORMIGONI^a, IVAN PÉRSIO DE ARRUDA CAMPOS^b

a. UNESP – Campus Guaratinguetá, SP, a_formigoni@yahoo.com.br

b. Universidade Paulista, São Paulo, ipdacamp@uol.com.br

Resumo

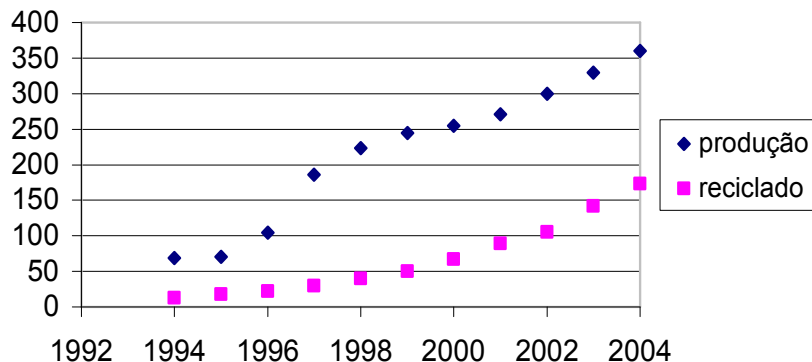
O crescimento da população e o estímulo ao consumo de produtos industrializados descartáveis têm aumentado a quantidade e a diversidade dos resíduos urbanos. A simples disposição dos resíduos industriais, comerciais e domésticos urbanos em aterros sanitários fez com que eles estejam em vias de saturação. A utilização desses resíduos como matéria-prima tem sido adotada como solução para o problema, mas como é uma atividade recente, ainda não é aceita como melhor alternativa. Na presente dissertação são analisados criticamente os problemas relacionados ao processo de reciclagem de PET, com vistas, especialmente, ao processo de reciclagem “*bottle-to-bottle*”, para uso alimentício. Os aspectos de perda e recuperação das propriedades do material, de contaminação química e biológica são discutidos, bem como o sempre relevante problema da legislação, que parece ser o mais sério neste caso. Atualmente o mercado no Brasil, consegue reciclar cerca de 50% da produção do PET, o que significa que há potencial para grande melhoria nesse aspecto.

Palavras-chave: Reciclagem; impacto ambiental; PET; contaminação; bottle-to-bottle.

1 Introdução

Conforme apresentado a seguir, percentualmente a quantidade reciclada teve um aumento importante, saltando de 18% para 48%, porém o salto de produção foi enorme, de 80t para 360t, o que aumenta muito a quantidade não reciclada, causando problemas ambientais.

Gráfico - Produção X Reciclado



(Fonte CEMPRE, 2005)

Segundo Leite (2003), quanto maior o nível sócio-econômico e conseqüente poder aquisitivo do cidadão, maior o uso de descartáveis e quantidade de polímeros no lixo. A tecnologia proporciona a utilização de polímeros para uma melhora na qualidade de vida, mas que também resulta em grande problema com a quantidade de resíduos gerados.

Leite (2003) ainda cita que um dos piores problemas originados no descarte de materiais plásticos no Brasil é o espaço que ocupam nos aterros sanitários. Embora representem algo em torno de 10% do peso total do lixo, ocupam até 20% de seu volume, contribuindo também para o aumento dos custos de coleta, transporte e descarte final dos resíduos urbanos.

Com poucas iniciativas públicas em coleta seletiva de lixo, o país tem no crescente número de catadores e sucateiros, o principal veículo de coleta de diversos materiais recicláveis, entre eles o PET. Já a coleta pública, tem evoluído vagarosamente. Apenas 2,25% dos municípios brasileiros possuem este serviço.

O maior problema da reciclagem de PET é a oferta de material; apesar do crescimento dos últimos anos, ela ainda é tímida e está aquém das necessidades. A falta de fornecimento contínuo e homogêneo de matéria-prima é o reflexo da quase inexistência de uma política de coleta seletiva pelos municípios. Soma-se a isto a falta de consciência da população sobre a necessidade de reciclar o lixo.

A maior parte do PET oferecido para reciclagem provém de catadores, que fazem um trabalho de varredura pelas ruas e lixões e de algumas organizações não governamentais que se estruturaram. Estes separam as garrafas por cor, retirando o rótulo e a tampa e enfardando para vendê-los a recicladores. Porém, a grande maioria dos catadores nunca foi treinada e seus conhecimentos sobre o assunto são adquiridos na prática. Somando-se em a isso a ausência do código de identificação em grande número de peças, aumenta significativamente a dificuldade para a separação.

A reciclagem é considerada uma das alternativas mais importantes dentro do conceito de desenvolvimento sustentável definido pela ONU (Organização das Nações Unidas), o processo deve ser utilizado em dois casos:

- Quando a recuperação dos resíduos for técnica e economicamente viável, bem como higienicamente utilizável;
- Quando as características de cada material sejam respeitadas.

A reciclagem é o resultado final de atividades intermediárias de coleta, separação e processamento, através da qual, materiais pós-consumidos são usados como matéria-prima na manufatura de bens, antes produzidos com matéria-prima virgem. O sucesso da reciclagem está diretamente ligado ao fornecimento de matéria-prima, tecnologia de reciclagem e mercado diferenciado.

2 Contaminação Química

O problema da contaminação química em polímeros recicláveis pode ser dividido em dois aspectos:

- O da contaminação por materiais devidos à decomposição do polímero com o tempo e o uso (portanto referente à presença de monômeros, pequenos oligômeros, plastificantes e aditivos) e,
- O da contaminação por migração, para o recipiente, de componentes de seu conteúdo (seja ele o previsto, por exemplo, componentes de refrigerante, seja o imprevisto, devido a seu emprego para armazenar materiais diferentes daqueles para os quais foi inicialmente destinado como solventes em garrafas de refrigerantes).

Naturalmente, para que polímeros de PCR (reciclados pós-consumo) possam ser adequados para a reutilização como embalagens de alimentos é fundamental que eles não causem a contaminação de seu conteúdo, ou que a causem em níveis iguais ou menores do que os porventura causados pelo polímero virgem do mesmo tipo, se este é um material aprovado para aplicações em alimentos.

Do ponto de vista de viabilidade da reciclagem desses polímeros, o importante é o desenvolvimento de métodos de descontaminação que possam eliminar a contaminação causada por qualquer tipo de conteúdo que tenha passado pela embalagem durante seu período de reuso pré-reciclagem.

Hoje, são usados muitos processos de reciclagem de limpeza profunda, também chamados de super-limpeza (FRITSCH & WELLE, 2002). Estes processos envolvem muitas etapas de limpeza (tratamento a vácuo, tratamento com altas temperaturas, limpeza profunda da superfície exposta, etc.) para a eliminação de substâncias indesejáveis, eventualmente advindas do pós-consumo do PET PCR. A eficiência da limpeza decorrente dos processos de reciclagem é avaliada por meio das ASD (FDA, 1992; 1995 ILSI, 1998, BGVV, 2000), sendo suficiente, caso aprovada, para a aplicação desses materiais em embalagens com contato direto com alimentos. O processo de descontaminação do PET PCR aplica uma variedade de etapas de processos.

A aceitação desses procedimentos pelas várias agências governamentais, ou por organizações internacionais, tem sido relativamente lenta. Uma revisão da FDA compilou uma lista de 12 diferentes processos, para os quais foram emitidas cartas de não objeção da FDA (FDA, 2002; FRANZ *et al.*; FRANZ & WELLE). Hoje, a US FDA tem 40 cartas de não objeção acumuladas, referentes a diferentes tipos de processo e de uso de PCR's para aplicações de contato com alimento (BAYER, 2002).

3 Contaminação Biológica

Apenas em 2004 foi encontrado, pela primeira vez, um microorganismo capaz de sobreviver às condições de autoclavagem: trata-se de uma arquea (um microorganismo mais primitivo que uma bactéria) anaeróbia ainda sem nome científico definitivo, que ficou conhecida como "Linhagem 121" ("*Strain 121*"), tendo sido isolada da água de chaminés hidrotérmicas submarinas. Em água, na presença de óxido de ferro (III) e formiato e na ausência de oxigênio, ela sobrevive por 2 horas, sem se reproduzir, a 130°C, por até 2 horas, voltando a se reproduzir se for transferida para novo meio a 103°C; reproduz-se a 121°C, dobrando sua população em 24 horas e, quando a 115°C, dobra sua população em 7 horas. Este é o exemplo mais extremo conhecido de um microorganismo hipertermófilo (ou seja, que gosta de altas temperaturas) e, como tal, permanece viável, mas não se reproduz, se mantido a temperaturas iguais ou inferiores a 85°C (KASHEFI, 2004). Ainda assim, na ausência de umidade, esse hipertermófilo é destruído pelo forno de Pasteur.

O que nos leva a concluir que qualquer que seja o microorganismo que venha a contaminar o material (PET) a ser reciclado, este será exterminado quando exposto à temperatura média de processo de reciclagem (de 200° a 240°C), ao longo da duração desse processo e que, portanto, não há risco algum de contaminantes biológicos sobreviverem mesmo aos processos menos sofisticados de reciclagem, desde que estes envolvam processamento do PET aquecido até a temperatura necessária para calandrar ou fiar.

Inicialmente, apenas os EUA e alguns países da Europa permitiram o emprego do plástico reciclado para embalagens alimentícias. No Brasil, Chile, Austrália e mesmo em alguns países europeus, a aplicação do mesmo foi restringida ao contato indireto com alimentos, ou seja, em produtos multicamadas com uma camada interna de material garantidamente descontaminado (material virgem) (ERENO, 2005).

Os materiais reciclados não possuem uma legislação específica, incorrendo, portanto, na utilização dos mesmos limites de pureza e controle do material virgem, não devendo afetar a saúde do consumidor. No Brasil, de acordo com a resolução nº 105 de 1999 da ANVISA (*vide Anexo 2*), é proibido o uso de plástico reciclado para contato com alimentos, exceto no caso de materiais reaproveitados no mesmo processo de transformação. Especificamente para aplicações de PET em bebidas não-alcoólicas carbonatadas, a utilização de PET reciclado multicamada é explicitamente permitida (FORLIN *et al*, 2002).

A *Food and Drug Administration* (FDA) regulamenta, desde 1958, os componentes e aditivos para embalagens alimentícias, e é a responsável por manter seguro o abastecimento de alimentos no EUA. Isto inclui checar as condições dos alimentos e também evitar que a população venha a ser envenenada através das embalagens, por contaminação.

A FDA não tem nenhuma regulamentação especialmente dirigida às embalagens alimentícias feitas com material reciclado. A essência da regulamentação da FDA consiste em que o material reciclado pode ser usado desde que seja "adequadamente puro". No caso de material virgem, isto se consegue controlando a origem e a qualidade das matérias-primas. Como não se pode controlar a origem da matéria-prima do polímero reciclado, pois não se pode saber com segurança por onde ela passou, resta mostrar que o processo de reciclagem conduz a polímero tão ou mais puro que o polímero virgem. E, se a FDA se convencer que o processo em questão satisfaz esse quesito, depois de um processo longo caro e burocrático, ela concederá uma carta de não objeção (VOLOKH, 1995).

O problema principal é que "adequadamente puro" jamais é definido...

O problema principal causado pela avaliação excessivamente cautelosa de risco é que torna impossível a administração racional do risco. A FDA se propõe a manter o risco de câncer da ordem de uma parte por milhão, na hipótese mais pessimista

possível. O risco real deve ser muitíssimo menor, mas deste nada se sabe, porque nunca se faz determinações realistas. Isso dificulta mais do que o necessário o retorno de PET de reciclagem secundária às embalagens de alimentos, em função de um risco muito superestimado à saúde humana, enquanto a degradação progressiva do meio-ambiente, tanto pelo descarte continuado, como pela não recuperação do já descartado, prossegue furiosamente.

4 Conclusão

Ficou clara, no decorrer do trabalho, a eficiência da descontaminação química pelos processos atuais de super-limpeza (FRANZ & WELLE), que atinge ou excede os índices estipulados pela FDA, levando a "pureza adequada" e conduzindo a cartas de não objeção.

Fizemos algumas considerações sobre a contaminação biológica, que não parece ser realmente um problema, devido às condições de tempo e temperatura em que ocorre a reciclagem. Isso fica ainda mais evidente pelo fato que, mesmo sendo de uma cautela excessiva em relação aos outros aspectos a própria FDA não demonstra preocupação quanto à contaminação biológica em lugar algum de seus regulamentos

Estando certos de que hoje há processos capazes de efetuar com eficiência a descontaminação do PET, dois outros aspectos da reciclagem de PET no Brasil são dignos de nota:

O primeiro refere-se à coleta do material a ser reciclado. A Figura 1 demonstra que o Brasil recicla quase 50% DAS 360.000 TONELADAS DE PET, produzidas em 2004 (ABIPET). A maior consumidora de PET reciclado é a indústria têxtil, incentivada pelo preço (material virgem a US\$ 1,90 e o material reciclado granulado a R\$ 1,35, para o verde e a R\$ 1,80 para o cristal, segundo a RECIPET); este consumo só não aumenta em volumes devido à falta de oferta de material para ser reciclado.

Fazendo-se um paralelo com o alumínio, material de maior sucesso no que tange à reciclagem, alcançando índice superior a 80% (CEMPRE, 2005), a coleta deste material proporciona oferta satisfatória porque proporciona ao catador uma boa remuneração, que o leva ter interesse em se treinar para distinguir o material com facilidade e eficiência dos materiais similares existentes no ambiente e a buscá-lo ativamente.

Quanto ao PET, apesar de ser o segundo material em remuneração (BOLSA DE RECICLADOS, 2005), seu índice de recuperação é de apenas 50%. Claro que o PET apresenta algumas desvantagens com relação ao alumínio, sendo as duas principais a remuneração e a densidade do material: pode-se compactar as latinhas facilmente diminuindo-se o volume e facilitando-se o transporte. Enquanto um quilograma de alumínio compactado ocupa um pequeno volume, a mesma massa de PET requer de vinte garrafas, que ocupam um volume bem maior, dificultando o transporte de grandes quantidades e tornando a relação remuneração/volume muito desigual. Uma alternativa seria a criação de campanhas de coleta seletiva, em que o consumidor fosse orientado a não colocar as garrafas de refrigerante no lixo, mas sim em local separado e pré-determinado, facilitando para os catadores e/ou recicladores a coleta do material a ser reciclado e gerando canais de logística reversa.

Outro caminho seria gerar por legislação de responsabilidade social tornando o fabricante de refrigerante, por exemplo, responsável por todos os resíduos gerados por seu produto, incluídas aí as embalagens vazias geradas pelo consumo. Um exemplo bem sucedido dessa prática ocorre, no Brasil, com a reciclagem de pneus, em que os próprios fabricantes desenvolveram várias alternativas como: utilização dos pneus como combustível para a indústria do cimento e asfalto ecológico, entre outras.

O segundo tópico a ser discutido é o destino do material reciclado. Quando o PET alcançar o patamar de volume reciclado do alumínio, com mais de 80% (CEMPRE,

2005), mesmo com a indústria têxtil consumindo então mais material reciclado, visto que há possibilidade para tal, conforme dito acima, ainda assim haveria sobras, já que a oferta seria maior que a procura, podendo-se presumir um eventual desinteresse comercial pelo processo.

Franz e Welle (2002) organizaram uma coleta seletiva em mais de doze países e constataram que quase 95% do material recolhido para ser reciclado era originado de embalagens alimentícias. E com um processo de repolimerização, como o desenvolvido pelo grupo de Sati Manrich (SANTOS *et al*, 2004), o material pode ser reciclado um grande número de vezes, sem que haja perda das propriedades do PET, da mesma forma que ocorre com o alumínio, fechando o ciclo do material.

Assim, parece claro que o melhor mercado para consumir o PET reciclado, pela viabilidade econômica e para criar um novo nicho, seria o alimentício. Para isso será necessária uma atitude eminentemente política, no sentido de se estabelecerem regras realistas para o emprego do PET reciclado em embalagens de alimentos, desobstaculando esse nicho de mercado. Isso não pode resultar em riscos para a saúde das pessoas, mas também não pode ser regido pela cautela excessiva que hoje rege a FDA e, como consequência direta, também a ANVISA. Determinarem-se limites seguros realistas para contaminantes é um problema relativamente simples de pesquisa. Por outro lado, repelirem-se as atuais regras excessivamente cautelosas mas encasteladas na tradição é puramente um problema político premente, especialmente porque o impacto ambiental causado pelas embalagens de PET é desproporcional: leva-se menos de um dia para se confeccionar uma embalagem e envasá-la com refrigerante; a mesma embalagem vazia demora em torno de 600 anos para se decompor, após ser depositada em algum aterro sanitário. (CEMPRE, 1997).

Referências

ANVISA – AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA. **Resolução n.º 105**, de 19 de maio de 1999. Disponível em <http://www.e-legis.bvs.br/leisref/publ/showAct.php?id=103>. Acesso em: 15 abr 2005.

BAYER, F. L. Polyethylene terephthalate recycling for food-contact applications: testing, safety and technologies: a global perspective. *Food Additives and Contaminants*, Atlanta, v. 19, p. 111-134, 2002.

BGVV, 2000. *Use of mechanical recycled plastic made from Polyethylene Terephthalate (PET) for the manufacture of articles coming in contact with food*. (Berlim: Bundesinstitut für Gesundheitlichen Verbraucherschutz und Veterinärmedizin).

CEMPRE (COMPROMISSO EMPRESARIAL PARA RECICLAGEM) e ABIPET (Associação Brasileira dos Fabricantes de Embalagens de PET). *Manual Reciclagem & Negócios – PET. Enfardamento e revalorização de sucatas de PET*. Outubro de 1997. (São Paulo - SP - Brasil).

COWAN, D. A. The upper temperature for life - where do we draw the line? *Trends in Microbiology*, Cape Town, v. 12, p. 58-60, 2004.

ERENO, D. De volta às origens: novos processos simplificam a limpeza e a recuperação de garrafas plásticas descartáveis. *Revista Pesquisa FAPESP*. São Paulo, v. 112, p. 68-71, jun. 2005.

FDA – FOOD AND DRUG ADMINISTRATION. Recycled plastics in food packaging (Washington, DC: US Food and Drug Administration, Center for Food Safety and Applied Nutrition. Office of Premarket Approval). 2002. Disponível em: <http://vm.cfsan.fda.gov/~dms/opa-recy.html>. Acesso em: 25 jan 2005.

FRANZ, R. Programme on the recyclability of food-packaging materials with respect to food safety considerations: polyethylene terephthalate (PET), paper and board,

and plastics covered by functional barriers. *Food Additives and Contaminants*, Freising, v. 19, Supplement, 93-110, 2002.

FRANZ, R.; MAUER A.; WELLE, F. European survey on post-consumer poly(ethylene terephthalate) (PET) materials to determine contamination levels and maximum consumer exposure from food packages made from recycled PET. *Food Additives and Contaminants*, Freising, v. 21, p. 265-286, 2004.

FRITSCH, K.; WELLE, F. Polyethylene terephthalate (PET) for packaging. *Plastics Europe*, Freising, v. 92, p. 40-41, 2002.

KASHEFI, K. Response to Cowan: The upper temperature for life – where do we draw the line? *Trends in Microbiology*, Massachusetts, v. 12, p. 60-62, 2004.

LEITE, P. R. Logística Reversa - Meio Ambiente e Competitividade. São Paulo : Prentice Hall, 2003. 246p.

SANTOS, A. S. F.; AGNELLI, J. A. M; MANRICH, S. Tendências e Desafios da Reciclagem de Embalagens Plásticas. *Polímeros: Ciência e Tecnologia*. São Carlos, v. 14, nº 5, p. 307-312, 2004.

VOLOKH, A. The FDA vs. Recycling: Has Food Packaging Law Gone Too Far. October 1995. Disponível em: <http://www.rppi.org/ps196.html>. Acesso em 21 de maio de 2004.