

DOSSIÊ TÉCNICO

Desenvolvimento da Qualidade na Reciclagem de Plásticos

Ronei Brognoli

SENAI-RS
CEP SENAI Nilo Bettanin

Junho
2006



Sumário

INTRODUÇÃO	2
1 OBJETIVO	3
2 O MERCADO DA RECICLAGEM DE PLÁSTICOS	3
3 TIPO DE RECICLAGEM	6
4 FATORES QUE AFETAM A QUALIDADE NA TRIAGEM DO PLÁSTICO PARA RECICLAGEM	7
4.1 A importância da seleção de classificação do material	7
4.2 Simbologia indicativa de reciclabilidade de plásticos	7
4.3 Identificação por queima	8
4.4 Identificação e separação por densidade	9
4.5 Outras tecnologias para identificação e separação	10
5 FATORES QUE AFETAM A QUALIDADE DO PLÁSTICO NAS OPERAÇÕES DE MOAGEM PARA RECICLAGEM	10
6 FATORES QUE AFETAM A QUALIDADE DO PLÁSTICO NAS OPERAÇÕES DE LAVAGEM PARA RECICLAGEM	10
7 FATORES QUE AFETAM A QUALIDADE NA SECAGEM DO PLÁSTICO PARA RECICLAGEM	11
8 FATORES QUE AFETAM A QUALIDADE NO REPROCESSAMENTO POR EXTRUSÃO DO PLÁSTICO PARA RECICLAGEM	11
8.1 Compatibilidade química dos plásticos	12
8.2 A fluidez dos plásticos	12
8.3 Alterações na fluidez do plástico reciclado	13
8.4 A degradação térmica dos plásticos	14
8.5 Degradação termo oxidativa dos plásticos	15
8.6 Contaminação do plástico com partículas estranhas	16
8.7 Reciclagem de plásticos coloridos	17
8.8 Reciclagem de plásticos proveniente de material impresso com tintas	18
8.9 Reciclagem de material co-extrusado e multicamadas	19
8.10 Granulometria do material reciclado	20
CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES	20
REFERÊNCIAS	21



Título

Desenvolvimento da Qualidade na Reciclagem de Plásticos

Assunto

37 Reciclagem

Resumo

Apesar da reciclagem de plásticos ser bastante praticada no Brasil, existem aspectos técnicos que na prática dificultam esta atividade nas empresas dedicadas à reciclagem de plástico. O desconhecimento dos aspectos técnicos básicos com respeito ao plástico podem levar a obtenção de um produto reciclado inadequado ou de baixa qualidade, e dificultar a viabilidade do negócio de reciclagem. Este dossiê apresenta algumas considerações para melhorar e desenvolver a qualidade dos materiais plásticos reciclados.

Palavras-chave

Plástico; polímero; qualidade; reaproveitamento; reciclagem

CONTEÚDO

INTRODUÇÃO

Desenvolvimento Sustentável, é aquele desenvolvimento que atende às demandas da geração presente, sem comprometer as oportunidades das gerações futuras. (UNITED NATIONS, 1987)

A partir da segunda metade do século passado, surgiram uma série de movimentos globais debatendo a “questão ambiental” e sua interferência na economia dos países e na vida do cidadão. Como consequência deste debate global, iniciaram-se diversas ações voltadas para a sustentabilidade tanto nos planos: global, regional e local.

As empresas dentro desta nova configuração, responderam a estas pressões com práticas gerenciais e investimentos em tecnologias mais limpas. Hoje, é de senso comum, que o não atendimento as normas legais significa sérios prejuízos e riscos, podendo até mesmo acarretar o fechamento da unidade produtiva, ou, barreiras para entrada em mercados externos como por exemplo, exportações para países com legislação restritiva como é o caso de muitos países europeus. Outro fator a ser destacado, é a política ambiental que empresas com sedes nestes países adotam para atender a legislação local, e em consequência disto, acabam por difundir e implantar tal política em suas filiais, o que de certa forma, acelera o desenvolvimento técnico gerencial da gestão ambiental em todo o planeta. É comum observarmos empresas multinacionais com políticas ambientais que excedem as exigências legais do país em que estão instaladas para atenderem a exigência de suas matrizes e produzirem dentro das normas de excelência descrita na política ambiental mundial da empresa.

Este processo criou uma dinâmica, onde empresas utilizam modelos de gestão ambiental desenvolvidos, para garantir seus padrões de excelência, e acabem por também exigir o mesmo de seus fornecedores, a fim de construir uma cadeia produtiva segura e ambientalmente correta que atenda a legislação local, a conformidade da política ambiental da matriz (se filial de empresa com sede em país com legislação mais restritiva) e as exigências de mercados mais desenvolvidos (exportação ou fornecedor de empresa certificada ISO14001).

Como conseqüência, houve um incremento no desenvolvimento de ferramentas de gestão ambiental, as chamadas “Boas Práticas Ambientais” para que as empresas conquistassem melhores resultados em relação a eficiência do uso dos recursos naturais e a geração de resíduos. Em virtude deste processo, muitas oportunidades surgiram, descobrindo soluções inovadoras e novos mercados para produtos e serviços com atributos ambientais corretos. As palavras de ordem dentro dos modelos de gestão ambiental em relação aos seus insumos e processos foram: reciclagem, reuso, minimização, redução, reaproveitamento, tratamento, fontes renováveis, tecnologias limpas, conformidade legal e ambiental, consciência ambiental, entre outras, etc.

Neste contexto, também a reciclagem de resíduos sólidos passou a ter uma importância fundamental em busca de soluções para os graves problemas causados pelo lixo urbano ou industrial.

1 OBJETIVO

Apesar de muitos produtos plásticos serem considerados facilmente recicláveis, como os produzidos com termoplásticos, diversos aspectos técnicos estão relacionados a qualidade do material reciclado que será disponibilizado para venda ou re-aproveitamento. Diversos problemas podem ocorrer que dificultam o processo de reciclagem. Quanto melhor o processo de reciclagem do material, maior será o valor agregado e mais alto o seu preço de mercado. Para o transformador que utilizará este material é importante que a utilização total ou em parte deste material não afete negativamente a qualidade do produto final ou no desenvolvimento do processo de produção que poderia ocasionar maior perdas e refugos e onerar os custos produtivos. Este dossiê pretende mostrar alguns dos aspectos importantes para que o reciclador consiga obter um produto reciclado de melhor qualidade para garantia de seu mercado e de seus clientes.

2 O MERCADO DA RECICLAGEM DE PLÁSTICOS

O setor de reciclagem de excedentes sólidos é o segundo maior segmento do mercado ambiental brasileiro. Estima-se que este mercado representa cerca de 35% do mercado ambiental em seu conjunto. O faturamento registrado nesse setor em 1998 foi da ordem de US\$ 1 bilhão. As previsões de crescimento para os próximos cinco anos variam de 3 a 7% ao ano.

Tecnologias e serviços importados participaram com cerca de 30% no total do faturamento do setor.

Segundo informações do Compromisso Empresarial para a Reciclagem (CEMPRE), o mercado de reciclagem total – envolvendo os excedentes industriais e os excedentes pós-uso, ou seja, aqueles que são descartados pelos usuários dos produtos comercializados – envolve valores da ordem de R\$ 3 bilhões/ano.

A principal fonte geradora de excedentes no Brasil são os domicílios privados.

A responsabilidade constitucional pela coleta e disposição final é das administrações municipais, a quem cabe também a responsabilidade pela limpeza das pequenas quantidades de excedentes geradas pelo comércio e dos entulhos de construção.

A coleta e destinação de outros tipos de excedentes (industriais, de serviço de saúde etc.) é da responsabilidade dos geradores, salvo legislação local ou regional.

Em 2000 foram faturados perto de US\$ 240 milhões na área de excedentes industriais perigosos, envolvendo o tratamento, a destinação final e consultoria.

A participação de empresas estrangeiras nesse mercado foi de aproximadamente 20% (US\$ 48 milhões), enquanto as previsões de crescimento desse setor nos próximos cinco anos variam de 7% a 10%.

Praticamente todos os materiais reciclados vêm apresentando crescimento significativo ao longo dos anos, tais como o papelão ondulado (69% em 2000), o vidro (40% em 2000), o PET (25% em 2000) e as latas de alumínio (78% em 2000).

O mais importante é que este crescimento não se deve a uma imposição legal, visto que não há legislação nacional que estabeleça a obrigatoriedade da reciclagem.

O índice de reciclagem mecânica de plásticos no Brasil soma, atualmente, 16,5% dos plásticos descartados, indicam os dados de uma pesquisa divulgada pela Plastivida e conduzida pela Maxiquim Assessoria de Mercado, conforme os critérios do IBGE. Segundo o levantamento, o percentual brasileiro é inferior apenas ao da Alemanha (31,1%) e pela Áustria (19,1%), sendo superior a países como Japão (15%), Austrália (12,4%) e União Européia (12,8%).

A indústria da reciclagem de plásticos no Brasil é formada por cerca de 490 empresas recicladoras, 80% delas concentradas na região Sudeste. Juntas, elas faturam cerca de R\$ 1,22 bilhão e geram 11.500 empregos diretos. Têm capacidade instalada para reciclar 1,05 milhão de toneladas por ano, consomem 777 mil toneladas e produzem 703 mil toneladas de plásticos reciclados. A campeã na reciclagem de plásticos pós-consumo é a região Sudeste com 58%, seguida pelas regiões Sul (24,9%) e Nordeste (14,5%).

Atualmente, menos de 5% dos municípios brasileiros (somente 237) são dotados de coleta seletiva de resíduos.

Na indústria de embalagens, um dos segmentos que vem ampliando consideravelmente suas ações de reciclagem é o de defensivos agrícolas, com um programa de destinação final de embalagens vazias gerido pelo Instituto Nacional de Processamento de Embalagens Vazias (INPEV), entidade que representa os fabricantes de produtos fitossanitários. As embalagens recebidas podem ter dois destinos finais: reciclagem ou incineração.

Segundo o INPEV, nos sete primeiros meses de 2005 foram recicladas 9.470 toneladas de embalagens vazias de agrotóxicos e outras 1.258 toneladas foram incineradas. O total de 10.728 toneladas processadas pelo sistema de destinação final indica um crescimento de 21% em relação ao mesmo período de 2004, quando foram registradas 8.875 toneladas. No Brasil, o Paraná é o Estado com maior volume de embalagens vazias de agrotóxicos devolvidas, somando 2.358 toneladas, volume 13,7% superior a 2004. O Mato Grosso devolveu 2.231 toneladas de embalagens, com crescimento de 14% em relação a 2004. Em São Paulo, o volume de embalagens devolvidas somou 1.543 toneladas, com crescimento de 5,4%, em comparação ao ano anterior. Atualmente, existem 16 artefatos produzidos através do material destas embalagens, como conduíte, cordas, embalagem para óleo lubrificante, madeira plástica, barricas de papelão, economizadores de concreto, entre outros.

Avaliando-se rapidamente os dados apresentados, conclui-se que reciclar os excedentes industriais é um ótimo negócio e um mercado em expansão.

TAB. 1 - Geração de plástico pós-consumo (em t /ano)

TIPO DE RESÍDUO PLÁSTICO	CENTRO - OESTE	NORTE	NORDESTE	SUL	SUDESTE	BRASIL
PET	24.979	22.903	84.953	59.747	187.816	380.398
PEAD	24.714	22.660	84.053	59.113	185.824	376.364
PVC	6.772	6.209	23.030	16.197	50.916	103.124
PEBD / PELBD	39.851	36.539	135.534	95.320	299.641	606.885
PP	32.935	30.197	112.012	78.777	247.637	501.558
OS	8.807	8.075	29.952	21.065	66.217	134.116
Outros tipos	4.948	4.537	16.829	11.836	37.207	75.357
Total	143.006	131.120	486.363	342.055	1.075.258	2.177.802

Fonte: MaxiQuim Assessoria de Mercado, 2004.

TAB. 2 - Reciclagem de plástico pós-consumo por tipo de resíduo plástico (em t /ano)

TIPO DE RESÍDUO PLÁSTICO	CENTRO - OESTE	NORTE	NORDESTE	SUL	SUDESTE	BRASIL
PET	0	0	23.221	37.472	88.615	149.308
PEAD	3.742	0	10.817	14.177	33.871	62.607
PVC	0	0	4.903	4.669	7.481	17.053
PEBD / PELBD	3.575	0	5.796	24.198	46.272	79.841
PP	1.618	0	7.480	5.383	26.558	41.039
PS	0	0	0	2.753	3.550	6.303
Outros tipos	0	0	0	925	2.058	2.983
Total	8.935	0	52.217	89.577	208.405	359.134

Fonte: MaxiQuim Assessoria de Mercado, 2004.

No caso do PET, 360 mil toneladas de resina PET foram transformadas em garrafas, o que significa um crescimento de 9% na produção de embalagens entre 2003 e 2004. O Brasil reciclou 173 mil toneladas de garrafas em 2004, representando um crescimento da ordem de 22% em relação a 2003 e equivalente a 48% da produção nacional. Enquanto nos Estados Unidos a reciclagem desse tipo de material está caindo ano após ano, no Brasil acontece o contrário: a reciclagem da resina de PET cresce numa média de 20%, desde 1997.

TAB. 3- Produção de PET x Reciclagem

ANO	CONSUMO PARA EMBALAGENS	RECICLAGEM PÓS-CONSUMO /ÍNDICE
2001	270 kt	89 kt= 33%
2002	300 kt	105 kt = 35%
2003	330 kt	141,5 kt = 43%
2004	360 kt	173 kt = 48%

Fonte: Associação Brasileira da Indústria do PET. <http://www.abipet.com.br>

A utilização de plásticos reciclados pela incorporação total ou parcial de material reciclados é uma prática bastante conhecida e bastante utilizada pelas empresas de transformação de plásticos. Esta prática sempre foi adotada pelas empresas de plástico devido a geração de aparas e produtos defeituosos inerentes ao próprio processo, mas tem alcançado importância cada vez maior como demonstram as pesquisas.

O re-aproveitamento de plásticos ajudam a reduzir os custos do produto final, além de garantir um benefício ambiental importante como uma prática, já que parte dos resíduos de processo como as aparas e canais e produtos com defeito são re-aproveitados. A necessidade de

redução de custos levou as empresas, a sempre que possível, a incorporação de cada vez maior de plásticos reciclado e necessitando para isto de contar com fornecedores de plásticos reciclados de boa qualidade. Do ponto de vista do transformador de plástico, é desejável que esta incorporação afete o menos possível a qualidade do produto final ou que gere o menos possível interferências negativas na regulação dos equipamentos de processo como as extrusoras, injetora e sopradoras. Para isto necessita contar com um produto reciclado para esta prática de melhor qualidade possível. Do ponto de vista da empresa de reciclagem é garantia de manutenção de clientes de mercado e de maior valor agregado ao seu produto.

Apesar do interesse crescente que o tema da reciclagem vem despertando, observa-se no mercado diversos problemas relativo a baixa qualidade dos produtos devido a falta de informação dos requisitos dos materiais plásticos, dos processos adequados, e da identificação correta destes materiais.

Na mesma medida, cresce também o interesse por parte de pequenos empreendedores que iniciam atividades neste ramo, cujos empreendimentos podem não sobreviver devido a falta de qualidade e competitividade neste mercado.

3 TIPO DE RECICLAGEM

A reciclagem de polímeros pode ser classificada em quatro categorias: primária, secundária, terciária e quaternária.

A reciclagem primária consiste na conversão dos resíduos poliméricos industriais por métodos de processamento padrão em produtos com características equivalentes àquelas dos produtos originais produzidos com polímeros virgens; por exemplo, aparas que são novamente introduzidas no processamento.

A reciclagem secundária é a conversão dos resíduos poliméricos provenientes dos resíduos sólidos urbanos por um processo ou uma combinação de processos em produtos que tenham menor exigência do que o produto obtido com polímero virgem, por exemplo, reciclagem de embalagens de PP para obtenção de sacos de lixo.

A reciclagem terciária é o processo tecnológico de produção de insumos químicos ou combustíveis a partir de resíduos poliméricos.

A reciclagem quaternária é o processo tecnológico de recuperação de energia de resíduos poliméricos por incineração controlada.

A reciclagem primária e a secundária são conhecidas como reciclagem mecânica ou física, o que diferencia uma da outra é que na primária utiliza-se polímero pós-industrial e na secundária, pós-consumo. A reciclagem terciária também é chamada de química e a quaternária de energética.

- **RECICLAGEM MECÂNICA**

A reciclagem mecânica pode ser realizada por diferentes processos como a extrusão, injeção, termoformagem, moldagem por compressão, etc. Dependendo da procedência do resíduo plástico pode incluir diferentes etapas como;

- 1) Triagem e separação dos tipos de plásticos
- 2) Moagem,
- 3) Lavagem,
- 4) Aglutinação,
- 5) Secagem,

- 6) Reprocessamento por extrusão,
- 7) Transformação do plástico em um produto acabado.

As empresas devem direcionar os processos de forma a obter um produto final com melhor qualidade possível dentro do aceitável. Diversos fatores influenciam nos processos, muitos deles ligados ao conhecimento, experiência e tecnologia dos equipamentos empregados. O resultado desejável é o de obter produtos com qualidade o mais próximas possíveis do plástico virgem.

4 FATORES QUE AFETAM A QUALIDADE NA TRIAGEM DO PLÁSTICO PARA RECICLAGEM

Os fatores que mais impactam a qualidade na triagem do plástico para reciclagem são a seleção de classificação do material, simbologia indicativa de reciclabilidade, identificação por queima e identificação e separação por densidade.

4.1 A importância da seleção de classificação do material

Os plásticos encaminhados para reciclagem precisam ser passar por um processo de triagem para garantir a correta separação e classificação dos diferentes tipos de plásticos.

A classificação do material pode-se ser feita utilizando-se a simbologia de reciclagem para auxiliar na correta separação, pela utilização de testes de queima para identificação através das características de queima, cheiro da fumaça, aparência da chama, temperatura de fusão e solubilidade.

4.2 Simbologia indicativa de reciclabilidade de plásticos

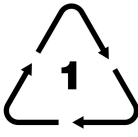

A utilização da simbologia utilizando um triângulo para identificação de produtos recicláveis foi introduzida a partir de 1988 nos Estados Unidos e vêm sendo utilizada de forma voluntária em diversos países.

O artigo oito da diretiva 94/62/EC visa a identificação dos tipos de plásticos utilizados com o objetivo de facilitar a separação, reutilização, recuperação e reciclagem.

A simbologia utilizada significa a identificação do tipo de plástico utilizado e não a reciclabilidade do produto.

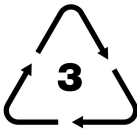


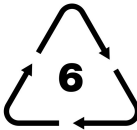
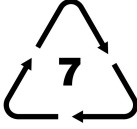
Também no Brasil, esta simbologia passou a ser utilizada e adotada por muitas empresas, baseada nas diretivas americanas e européias.

QUADRO 1 - Símbolos indicativos de reciclabilidade de plásticos e aplicações

Simbologia	Abreviatura e nome do material	Aplicações
	PET Polietileno Tereftalato	Frascos e garrafas para uso alimentício/hospitalar, cosméticos, bandejas para microondas, filmes para áudio e vídeo, fibras têxteis, etc
	PEAD Polietileno da Alta Densidade	Embalagens para detergentes e óleos automotivos, sacolas de supermercados, garrafeiras, tampas, tambores para tintas, potes, utilidades domésticas, etc.

(continua)

(continuação)

	PVC Poli Cloreto de Vinila	Embalagens para água mineral, óleos comestíveis, maioneses, sucos. Perfis para janelas, tubulações de água e esgotos, mangueiras, embalagens para remédios, brinquedos, bolsas de sangue, material hospitalar, etc.
	PEBD Polietileno de Baixa Densidade	Sacolas para supermercados e boutiques, filmes para embalar leite e outros alimentos, sacaria industrial, filmes para fraldas descartáveis, bolsa para soro medicinal, sacos de lixo, etc.
	PP Polipropileno	Filmes para embalagens e alimentos, embalagens industriais, cordas, tubos para água quente, fios e cabos, frascos, caixas de bebidas, autopeças, fibras para tapetes utilidades domésticas, potes, fraldas e seringas descartáveis, etc.
	PS Poliestireno	Potes para iogurtes, sorvetes, doces, frascos, bandejas de supermercados, geladeiras (parte interna da porta), pratos, tampas, aparelhos de barbear descartáveis, brinquedos, etc.
	Outros Neste grupo encontram-se, entre outros, os seguintes plásticos: ABS/SAN, EVA, PA e PC.	Solados, autopeças, chinelos, pneus, acessórios esportivos e náuticos, plásticos especiais e de engenharia, CDs, eletrodomésticos, corpos de computadores, etc.

Fonte: SENAI. RS. EEP SENAI Nilo Bettanin. (Adaptação do autor).

4.3 Identificação por queima

A importância da identificação correta do material decorre do fato de que determinadas misturas de matérias podem resultar incompatíveis entre si ocasionando produtos de baixa qualidade. Materiais incompatíveis poder delaminar a peça ou torná-la quebradiça. Uma forma muito comum e prática de identificar o tipo de resina é através da queima do material.

Ao queimar o material pode-se observar a cor e o tipo da chama, o odor e algumas características sutis.

QUADRO 2 - Identificação de plásticos por queima

TIPO DE POLÍMERO	FACILIDADE DE QUEIMA	CHAMA DE EXTINGUE	CHAMA	COMPORTAMENTO DO MATERIAL	ODOR
PE-Polietileno	Rápida	Não	Amarela fundo azul	Funde e goteja, tornando-se transparente quando fundido	Parafina Queimada
PP-Polipropileno	Rápida e moderada	Não	Amarela fundo azul, alguma fumaça branca	Funde e goteja, tornando-se transparente quando fundido	Parafina Queimada
EVA-Etileno-vinil-acetato	Rápida	Não	Azul ligeiramente amarela	Funde e goteja	Vinagre (fraco)
PS-Poliestireno	Rápida	Não	Amarela laranja, densa fumaça preta c/fuligem	Amolece forma bolhas, carboniza superficialmente	Doce, floral (gás de iluminação)
ABS-Acrilonitrila-butadieno-estireno	Moderada	Não	Amarela fuliginosa	Amolece, borbulha, carboniza, goteja	Característico
PVC-Policloreto de Vinila	Difícil	Sim	Alaranjada, verde nas bordas crepita	Escurece rapidamente amolece e se decompõe	Cloro (ácido)
PVC-Policloreto de Vinila Plástico	Moderada	Sim(não na forma de filme)	Amarela, verde nas bordas fuliginosa	Funde, goteja	Penetrante (cloro)
EVA-Poliacetato de Vinila	Rápida	Não	Amarela escura, pouca fumaça	Amolece, resíduo preto	Vinagre
PMMA-Acrílico	Rápida	Não	Azul, amarela no tópo alguma fumaça preta	Amolece, não goteja, borbulha pequena carbonização superficial	Frutas
POM-Poliacetal	Moderada	Não	Azul clara sem fumaça	Funde, goteja, gotas continuam a queimar	Formaldeído
PA-Poliâmidas-Nylon	Moderada	Sim	Azul, tópo amarelo	Funde, forma pérolas não esmagáveis, goteja e espuma	Vegetação ou cabelo
PC-Policarbonato	Difícil	Sim	Amarela fumaça cinza	Amolece, borbulha e carboniza	Agradável, fenólico fraco
PET-Polietileno-tereftalato	Moderada	Não	Amarela, ligeira fumaça	Funde, goteja, deixa pérola irregular dura	Aromático
PTFE Politetrafluoretileno-Teflon	Muito difícil	Sim	Amarela	Queima com grande dificuldade, carboniza muito lentamente	Nenhum, fumaça ácida

Fonte: SENAI. RS. EEP SENAI Nilo Bettanin. (Adaptação do autor).

4.4 IDENTIFICAÇÃO E SEPARAÇÃO POR DENSIDADE

A separação por densidade é possível pela utilização de tanques com soluções de densidade intermediária entre dois tipos de plástico que se deseja fazer a separação. Este método é bastante utilizado pelas empresas para separação de rótulos e outros contaminantes de embalagens moídas.

A FIG. 1 demonstra a separação de resíduos de plásticos pela diferença de densidade com a utilização de soluções alcoólicas e salinas.

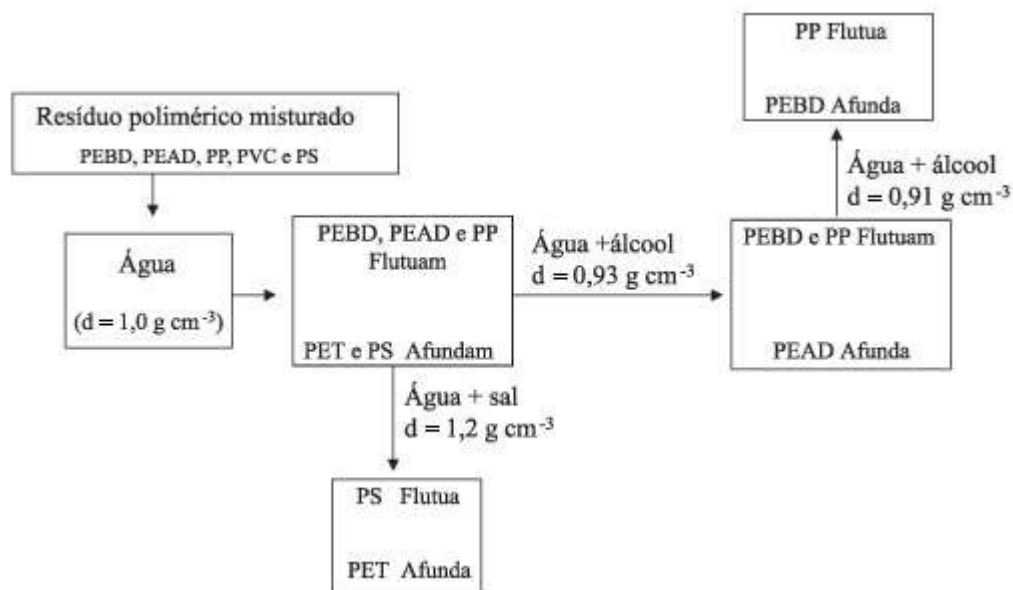


FIG. 1 - Separação de resíduos de plásticos pela diferença de densidade com a utilização de soluções de densidade intermediária.
Fonte: SPINACÉ, 2006.

4.5 OUTRAS TECNOLOGIAS PARA IDENTIFICAÇÃO E SEPARAÇÃO

Algumas tecnologias alternativas têm sido desenvolvidas para detectar o cloro do PVC por fluorescência de raios-X, a fim de separá-lo previamente.

Também a separação por jatos de ar tem sido utilizada para fazer a separação de garrafas de PET e PVC durante o processo de triagem em grandes instalações de reciclagem.

Além destes métodos de separação de polímeros também são utilizados a espectroscopia Raman associada à análise multivariada ou espectroscopia na região do infravermelho próximo, que identificam polímeros transparentes ou coloridos.

5 FATORES QUE AFETAM A QUALIDADE DO PLÁSTICO NAS OPERAÇÕES DE MOAGEM PARA RECICLAGEM

Depois da triagem, separação e classificação, os resíduos de plástico devem ser moídos em moinhos de facas rotativas. Os moinhos de facas possuem peneiras em sua parte inferior de forma a classificar a granulometria do plástico moído. É importante que o material moído tenha dimensões uniformes para que a fusão também ocorra uniformemente. A presença de pó proveniente da moagem é inconveniente na alimentação dos equipamentos de processamento de plástico, pois as partículas mais finas do funde-se antes podendo interromper o escoamento do material no funil de alimentação. O material plástico moído por si só constitui um produto para venda no mercado de reciclados, porém com menor valor agregado. Muitas empresas utilizam a operação de lavagem junto com a moagem, ou moinhos com sistemas de lavagem acoplado.

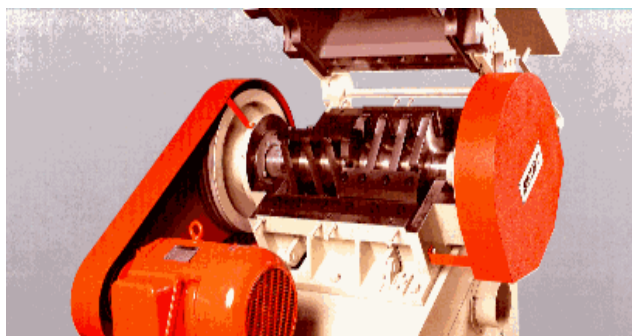


FIG. 2 - Moinho de facas
Fonte: Kie máquinas e Plásticos Ltda, 2006

6 FATORES QUE AFETAM A QUALIDADE DO PLÁSTICO NAS OPERAÇÕES DE LAVAGEM PARA RECICLAGEM

O polímero depois de moído é lavado normalmente em tanques com agitadores contendo água ou solução de detergente aquecido. A eficiência da operação de lavagem dependerá da quantidade de gordura e detritos aderidos ao plástico. Dependendo do tipo de processo para qual será destinado o plástico, resíduos de gordura aderidos podem causar defeitos de qualidade pela formação de bolhas, como no caso de filmes destinados para produção de sacos de lixo. Pode ser necessário a utilização de solução de detergentes e aquecimento na remoção de gordura. Nesta etapa é necessária a remoção de resíduos de detergente. A água de lavagem deve receber tratamento para ser reutilizada no processo.

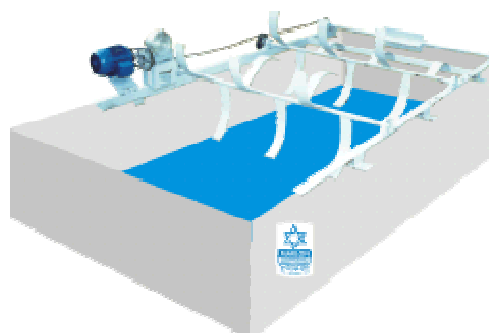


FIG. 3 - Tanque para lavagem do plástico
Fonte: ADL, 2006.

7 FATORES QUE AFETAM A QUALIDADE DO PLÁSTICO NAS OPERAÇÕES DE SECAGEM PARA RECICLAGEM

A secagem do plástico é importante, pois alguns tipos de polímeros, como os poliésteres ou as poliamidas, podem sofrer degradação por hidrólise durante o reprocessamento. Os resíduos de detergente pode agir como catalisador na hidrólise e aumentar a degradação do plástico. O máximo de umidade residual tolerável para as poliolefinas é de cerca de 1% m/m e para os poliésteres ou as poliamidas deve ser inferior a 0,02% m/m. Os equipamentos utilizados para secagem podem ser por centrifugação, secagem por ar em contra corrente, ou por estufas. É comum encontrar-se empresas que utilizam os aglutinadores para promoverem a secagem do plástico devido ao aquecimento por atrito gerado neste equipamento, porém com alto consumo de energia para sua operação. O material plástico moído e lavado pode ser vendido já com maior valor agregado.

O nylon e o PET tendem a sofrer degradação por hidrólise devido as suas características higroscópicas. A umidade destes materiais deve ser removida por secagem e armazenagem em silos especiais para garantir melhor qualidade. O processo de secagem evolui

temperaturas de 100 à 150 C de 2 à 4 h em atmosfera de nitrogênio.

A hidrólise do PET é um processo autocatalítico onde os grupos hidroxílicos terminais reagem formando grupos carboxílicos que aceleram a hidrólise, resultando em pontos pretos no produto transparente. A contaminação acima de 50 ppm de PVC torna o PET fora de especificação para a fabricação de filmes.



FIG. 4 - Secadora de plásticos

Fonte: <http://www.reciclaveis.com.br>

8 FATORES QUE AFETAM A QUALIDADE DO PLÁSTICO NO REPROCESSAMENTO POR EXTRUSÃO PARA RECICLAGEM

Os fatores que mais impactam a qualidade no reprocessamento por extrusão para reciclagem são a compatibilidade química, fluidez, degradação térmica e termo-oxidativa, contaminação por partículas, reciclagem de plásticos coloridos e provenientes de material com tinta, material co-extrudado e granulometria do material.

8.1 A compatibilidade química dos plásticos

Os plásticos são polímeros de alto peso molecular formado por ligações químicas entre . Estas moléculas interagem quimicamente umas com as outras, podendo resultar compatíveis ou incompatíveis entre si. Conforme dito anteriormente misturas de materiais incompatíveis resultarão em perda de qualidade do produto final, perda de propriedades, manchas, delaminação e até quebra na peça.

O estado de miscibilidade é, portanto, determinado pela formação de uma (miscível) ou mais fases (imiscível) pelos componentes das blendas poliméricas. A plastificação de um polímero rígido por um outro flexível geralmente exige que exista miscibilidade entre esses polímeros, ou seja, um plastificante polimérico deve se solubilizar no polímero rígido formando uma blenda completamente miscível.

Os fenômenos de compatibilidade e de miscibilidade que ocorrem no desenvolvimento de uma blenda polimérica devem ser analisados de forma distinta. A compatibilidade pode ocorrer independentemente do estado de miscibilidade, pois a primeira só está relacionada com a propriedade desejada e obtida por meio do desenvolvimento da blenda. Por exemplo, uma blenda é considerada compatível se suas propriedades atingirem o desempenho desejado; caso contrário, ela será considerada incompatível. Essa análise independe da obtenção de uma blenda miscível ou imiscível. Assim sendo, uma blenda pode ser imiscível e compatível, assim como pode ser miscível e incompatível.

Quadro 3 - Compatibilidade de diferentes tipos de plásticos

	PS	PSAI	SAN	ABS	PA	PC	PMMA	POM	PVC	PP	PEBD	PEAD	PBT
PS													
PSAI	1												
SAN	6	6											
ABS	6	6	1										
PA	5	4	6	6									
PC	6	5	2	2	6								
PMMA	4	4	1	1	6	1							
POM	6	6	6	5	6	6	5						
PVC	6	6	2	3	6	5	1	6					
PP	6	6	6	6	6	6	6	6	6				
PEBD	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6			
PEAD	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	1		
PBT	6	6	6	5	5	1	6	6	6	6	6	6	
PET	5	5	6	5	5	1	6	6	6	6	6	6	6

Fonte: HENSEN,1988.

A miscibilidade decresce de 1 a 6. O número 1 significa muito boa compatibilidade, e o número 6 indica incompatibilidade.

8.2 A fluidez dos plásticos

A fluidez dos plásticos é uma forma de avaliar o comportamento do fluxo do material plástico durante o processo no estado fundido. Esta característica dos plásticos é conhecida como índice de Fluidez (IF) ou em inglês Melt Index (MI). As empresas de transformação de plásticos utilizam esta propriedade para avaliar se viscosidade do plástico no estado fundido, esta adequada ao processo utilizado.

As empresas que reciclam ou comercializam material reciclado devem estar familiarizados com esta propriedade para ofertarem o produto adequado ao processo de transformação de plástico da empresa que utilizará este material.

A obtenção do índice de Fluidez de um plástico visa a determinação da velocidade de extrusão de resinas termoplásticas fundidas através de uma matriz com o comprimento e diâmetro do orifício padronizado sob determinadas condições de temperatura e pressão.

As condições de ensaio para cada material são indicadas pela norma de determinação do teste (NBR 7293).

O ensaio de índice de fluidez, originário dos laboratórios da Imperial Chemical Industries (ICI) e criado nos estágios iniciais do desenvolvimento do polietileno, é atualmente usado para muitos termoplásticos.

Durante o ensaio é determinada a massa em gramas que flui através de uma matriz especificada, sob condições pré-determinadas de pressão e temperatura em um tempo padronizado dez minutos. O valor obtido em gramas por dez minutos [g / 10 minutos], constitui o índice de fluidez do plástico.

Este valor está relacionado com a viscosidade do material. Quanto mais viscoso for o plástico fundido, menos material fluirá e, portanto, a quantidade em gramas que flui em dez minutos será menor; isto é, o índice de fluidez será baixo.

Em geral, estes tipos de plásticos são mais indicados para os processos de extrusão e sopro, já os plásticos com maior fluidez são mais indicados para o processo de injeção.

Como o índice de fluidez também é uma forma de avaliar o peso molecular do plástico já que é, diretamente proporcional ao peso molecular médio do plástico, resulta bastante útil para as empresas de reciclagem, não somente para adequação do tipo de plástico reciclado ao processo, como também para avaliar o estado de degradação do material pelo rompimento das cadeias do polímero e conseqüente alteração no peso molecular e, portanto no resultado da fluidez do material.

Embora seja indiscutível a utilidade deste teste para a utilização do plástico reciclado, as condições não podem ser extrapoladas para outras condições como às pressões elevadas que se encontram nos processos industriais de extrusão e moldagem por injeção já que o comportamento de fluxo dos termoplásticos fundidos não é Newtoniano, isto é a viscosidade determinada sob um conjunto de condições não pode ser extrapolada para aplicações em quaisquer outras condições.

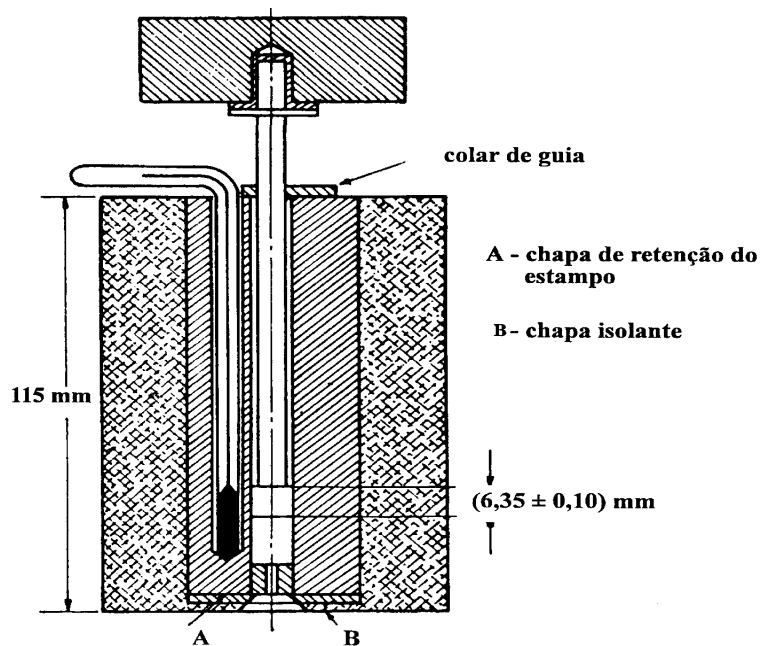


FIG. 5 - Plastômetro de extrusão – aparelho para determinar o índice de Fluidez
Fonte: ABNT. NBR 7293:1982.

Quadro 4 - Adequação da fluidez ao processo

FLUIDEZ	ADEQUAÇÃO AO PROCESSO
Alta	Injeção, e processos que exijam alta viscosidade do plástico no estado fundido.
Baixa	Extrusão, sopro e processos que exijam baixa viscosidade do plástico no estado fundido.

Fonte: SENAI. RS. EEP SENAI Nilo Bettanin(Adaptação do autor).

8.3 Alterações na fluidez do plástico reciclado

O reciclador deve durante a etapa de triagem certificar-se da fluidez do material para oferecer para venda o material correto para aplicação a que se destina.

Esta triagem inclui a característica de viscosidade no estado fundido do plástico. Resíduos provenientes do processo de injeção apresentarão alta fluidez, e provenientes do processo de extrusão e sopro terão baixa fluidez. Isto implica em oferecer o material reciclado com fluidez mais adequada ao tipo de processo utilizado pelo cliente.

Um material reciclado com alta fluidez, que venha a ser utilizado nos processos de extrusão e

sopro resultará em muitas perdas e de execução impossível.

Outro fato importante é o de que os plásticos quando submetidos a um forte trabalho mecânico como ocorrem nas extrusoras de reciclagem podem sofrer alterações nas suas características de resistência mecânica, devido as alterações no seu peso molecular e, portanto da sua fluidez.

Esta alteração muitas vezes é compensada pela formação de ligações cruzadas entre as moléculas do plástico.

Esta alteração muitas vezes é compensada pela formação de ligações cruzadas entre as moléculas do plástico.

As alterações causadas pela degradação do plástico são menores para o polietileno, e mais significativas para o poliestireno e seus copolímeros e para o polipropileno devido ao maior ataque oxidativo a que está sujeito.

8.4 A degradação térmica dos plásticos

O termo degradação indica as reações nas quais as moléculas que compõem o plástico são quebradas em partes menores, alterando o peso molecular e conseqüentemente as propriedades.

A degradação do material pode ocorrer durante a reciclagem devido ao excesso de temperatura e a degradação oxidativa. Especial atenção deve ser dada ao controle de temperatura durante os processos utilizados para reciclagem. Durante a extrusão, por exemplo, deve se controlar a temperatura interna da extrusora também chamada de temperatura de massa. O aumento de temperatura pode ser causado por excesso de cisalhamento, provocado por velocidade excessiva ou processamento muito severo na filtragem do plástico.

Durante a extrusão para reciclagem do PVC, por exemplo, pode-se ocorrer a liberação de HCl, que oxida os equipamento e acelera a degradação do plástico. Neste caso utilizam-se aditivos estabilizantes térmicos para evitar este tipo de degradação.

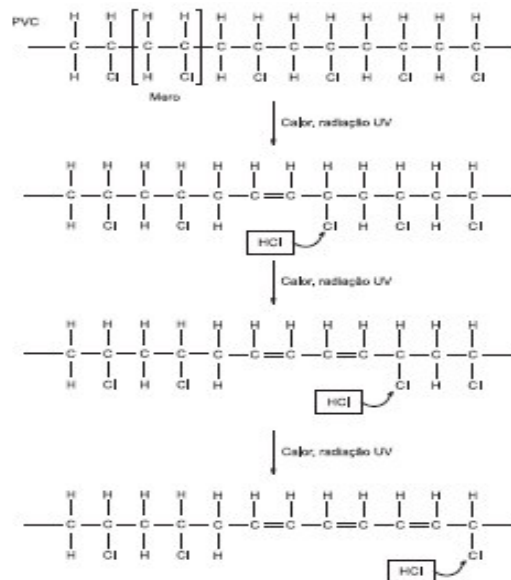


FIG. 6 - Reações de degradação do PVC
Fonte NUNES, 2002.

Existem dois tipos de degradação, a degradação indicada pela decomposição gradativa de

determinados grupos químicos localizados na extremidade da cadeia molecular, e a degradação estática, onde a ligação é quebrada ao acaso ao longo da cadeia, então os fragmentos resultantes os quais, para uma quebra por molécula em média, são metade da largura inicial da molécula.

Os polímeros estão sujeitos a degradação durante os diferentes estágios de seu ciclo de vida, ou seja, durante a produção, estocagem, processamento e uso final. Neste caso durante a reciclagem.

Quadro 5 - Temperaturas de processo e de degradação para os principais plásticos

MATERIAL	TEMPERATURA DO MATERIAL NO CILINDRO (°C)	TEMPERATURA DE DEGRADAÇÃO (°C)
ABS - acrilonitrila butadieno estireno	200 - 260	280
CA - acetato de celulose	185 - 240	260
EVA - etileno vinil acetato	140 - 220	220
PS - poliestireno	200 - 260	280
PEBD - polietileno de baixa densidade	180 - 240	280
PEAD - polietileno de alta densidade	180 - 240	280
PA 6 - nailon 6	230 - 280	320
PA 66 - nailon 6.6	270 - 320	360
PA 6.12 - nailon 6.12	230 - 280	320
PBT - polibutileno tereftalato	220 - 260	300
PC - policarbonato	280 - 320	320
PES - poliótersulfona	310 - 400	400
PET - polietileno tereftalato	280 - 310	340
PMMA - polimetilmetacrilato	240 - 260	280
POM - POLIACETAL	190 - 230	240
PPO - polióxifenileno	190 - 230	240
PP - polipropileno	200 - 250	270
PPS - polissulfeto de fenila	310 - 340	360
TPU - poliuretano termoplástico	190 - 220	260
PVC - policloreto de vinila	140 - 220	*
SAN - estireno acrilonitrila	220 - 260	280

Fonte: SENAI. RS. EEP SENAI Nilo Bettanin.

8.5 A degradação termo oxidativo dos plásticos

A degradação térmica é usualmente é acompanhada pela formação de pequenas moléculas como ácidos acéticos, metano, etileno, hidrogênio e CO₂.

No caso da presença de oxigênio, em adição a degradação puramente térmica, obtém-se a degradação oxidativa. A degradação oxidativa tem uma importante função no envelhecimento dos polímeros. Por envelhecimento entendemos degradação lenta (meses e anos) influenciada pela luz, ar, CO₂ e água, que resulta na perda de propriedades mecânicas até a sua completa destruição. Com a maioria dos polímeros, os resultados do envelhecimento são amarelamento e aumento no brilho.

A degradação oxidativa pode ocorrer na etapa de produção ou durante a extrusão na reciclagem, durante o processamento, devido às elevadas temperaturas envolvidas, e durante a aplicação final, principalmente se ocorrem altas temperaturas.

Com isso, teremos como conseqüência à diminuição no índice de fluidez, a descoloração, a perda de transparência, a perda de brilho (superfície) e perda parcial das propriedades mecânicas (impacto, tração, alongamento, etc).

Para evitar o efeito termo oxidativo, são utilizados aditivos antioxidantes primários ou secundários, tais como os fenóis estericamente bloqueados, aminas secundárias ou

hidroperóxidos, que interrompem a reação de oxidação. Frequentemente a combinação de antioxidantes primário e secundário é utilizada e frequentemente é observado o efeito sinérgico desta mistura.

As poliolefinas sofrem principalmente degradação termo-oxidativa e por cisalhamento, podendo resultar em cisão das cadeias moleculares e/ou reticulação.

8.6 Contaminação do plástico com partículas estranhas

O plástico a ser reciclado pode vir contaminado com partículas de material estranho que devem ser removidos durante a extrusão do material. Grande parte desta contaminação é removida pelo filtro de telas localizado na extrusora.

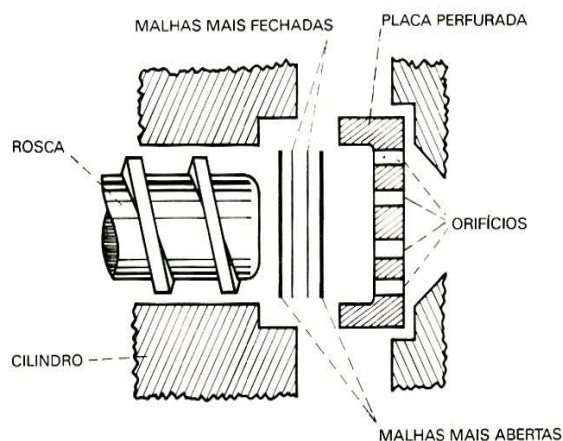


FIG. 7 - Filtro de telas das extrusoras de reciclagem.
Fonte: HENSEN, 1988.

A abertura das telas deve ser compatível com o tipo de material a ser extrusado e ao grau de contaminação do material.

A utilização de telas excessivamente fechadas pode aumentar o grau de cisalhamento ao qual é submetido o material, aumentando ao atrito interno entre as moléculas do plástico e conseqüente aumento de temperatura e degradação do plástico.

As telas utilizadas devem ser compatíveis com o tipo de trabalho que se está realizando, e devem ser limpas ou trocadas durante o período de trabalho para evitar o aumento da pressão interna nas extrusoras.

Para facilitar a operação de troca de telas, as máquinas podem ser dotadas de dispositivos de troca de telas manual ou automático, que reduzem o tempo de troca.

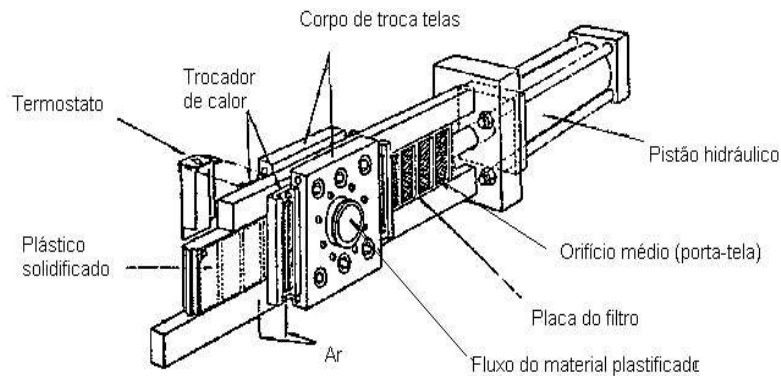


FIG. 8 - Dispositivo de troca telas
Fonte: SENAI. BA. CETIND.

8.7 A reciclagem de plásticos coloridos

As cores são incorporadas aos plásticos pela utilização de pigmentos. A mistura de cores claras com cores escuras resulta no material de cor escura. É conveniente em muitas situações separar os materiais por cores para resultar em melhor aproveitamento do material. Grande parte dos transformadores preferem cores claras no material reciclado pois podem estes, podem ainda ser coloridos com outros pigmentos o que não acontece com o reciclado de cor escura, que geralmente é aproveitado somente para peças de cor preta.

8.8 A reciclagem de plásticos proveniente de material impresso com tintas

As tintas utilizadas para impressão de rótulos nos plásticos podem gerar produtos voláteis dos solventes utilizados pelas tintas de impressão. Resíduos de solvente no plástico reciclado podem provocar bolhas no produto a ser processado. Neste caso é importante a utilização de extrusoras que possuam degasagem para saída de voláteis ou extrusoras em cascata. A degasagem é uma abertura no cilindro da extrusora onde ocorre uma descompressão na rosca para saída de gases e voláteis durante o processo de extrusão.

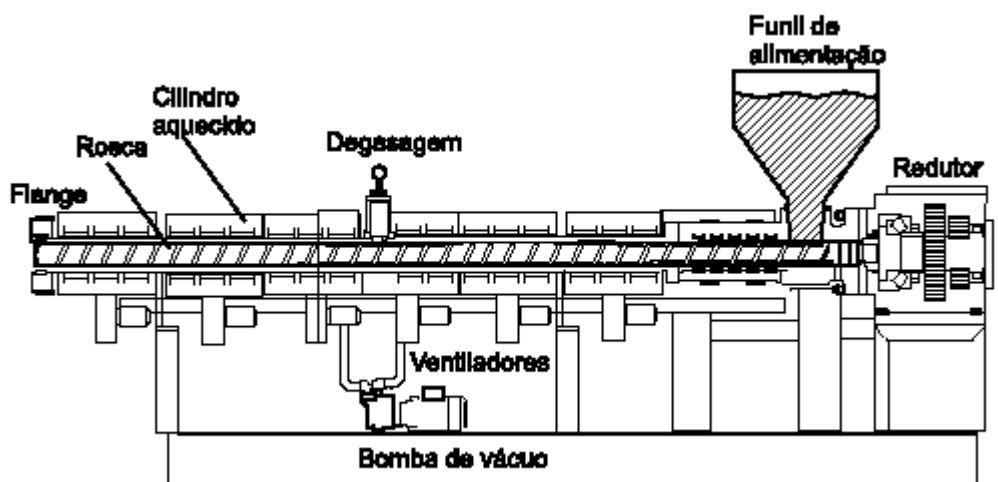


FIG. 9 - Extrusora com degasagem
Fonte: NUNES, 2002.

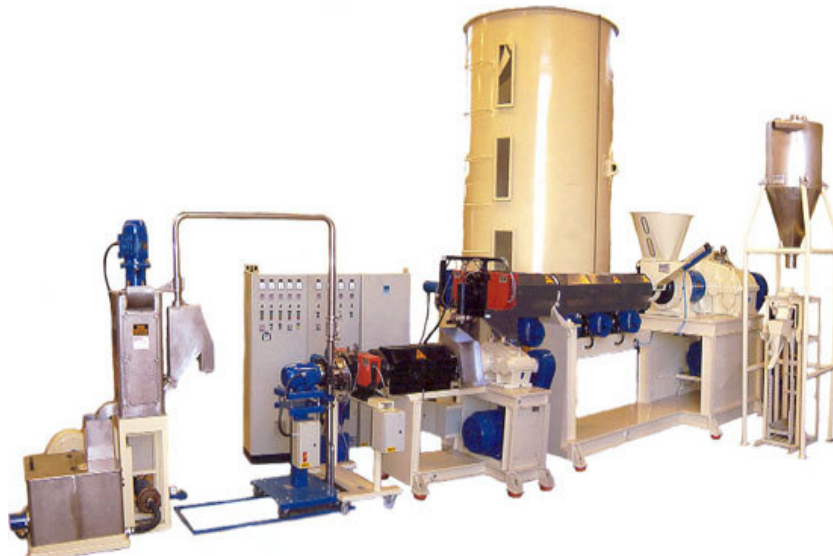


FIG. 10 - Extrusora em cascata
Fonte: ADL, 2006.

8.9 Reciclagem de material co-extrusado e multicamadas

A grande maioria dos plásticos é permeável a gases, oxigênio e vapores. Alguns são impermeáveis ao gás carbônico, como o PET, e que por causa disto é utilizado na embalagem de refrigerantes. Entretanto ele não é impermeável ao oxigênio, impedindo que seja utilizado para embalar produtos em que o contato com o oxigênio é prejudicial.

Percebe-se que as cervejas, os doces “in natura” de pêssego, abacaxi, e outros continuam sendo embalados em frascos de vidro ou metais nobres. O contato com o oxigênio os oxidaria deteriorando-os. A produção de frascos plásticos com suficientes barreiras a passagem do oxigênio é muito cara e por isto ainda não utilizada.

A permeação é definida como a passagem de gases e vapores pelas paredes de um material. Para embalar produtos onde o contato com o oxigênio é prejudicial utiliza-se várias camadas de plásticos para criar barreiras à permeação. Embutidos da indústria frigorífica, em geral, não podem ter contato com o oxigênio. São produzidos filmes com várias camadas de plásticos diferentes, muitas vezes utilizando-se nylon, numa camada interna.

Assim como filmes plásticos são produzidos com várias camadas diferentes também frascos soprados são obtidos em várias camadas, visando a obtenção de barreiras à permeação. Na obtenção de produtos multicamadas são utilizadas duas ou mais extrusoras. Por isto é dado o nome de co-extrusão.

Na co-extrusão, tanto na forma de filmes multicamadas como mangueiras para soprar frascos serão encontradas famílias de plásticos diferentes e às vezes incompatíveis entre si e até com ponto de fusão muito diferente um do outro. Um exemplo disto é o uso do nylon como camada intermediária para auxiliar na criação de barreiras à permeação do oxigênio em frascos de mostarda. Polietileno de alta densidade é utilizado na camada interna e externa e no interior é utilizado nylon. É impossível separar os materiais e, portanto, para a reciclagem convencional este material não poderá ser utilizado.

Assim, a maioria dos filmes multicamadas utilizados na embalagem de embutidos frigoríficos passa a ser um material não reciclável nos métodos convencionais.

Da mesma forma, plásticos impermeabilizados com películas metálicas passam a não poder ser reciclados nos processos convencionais.

Os plásticos que permitem a passagem de gases e vapores por suas paredes são porque existem espaços vazios entre as macromoléculas que os formam. Isto significa que eles absorvem o conteúdo que neles foi embalado. O odor de gasolina pode ser facilmente percebido e ninguém utiliza um frasco plástico com cheiro de gasolina para embalar alimentos. Entretanto, se uma embalagem foi utilizada para embalar veneno, foi lavada e odor de veneno

não for percebido, alguém poderia utilizá-la para embalar alimentos. Este fato deve ser interpretado como uma proibição de uso de plásticos reciclados ou frascos descartados para a embalagem de alimentos e para a fabricação de brinquedos para crianças.

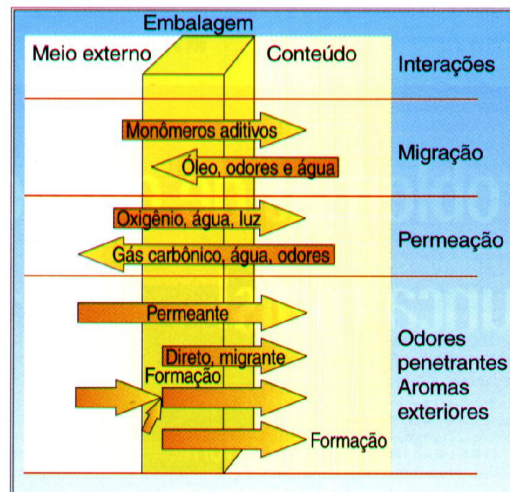


FIG. 11 - Mecanismo de permeação nos plásticos
 Fonte: ADITIVOS para materiais termoplásticos, 2006.

8.10 Granulometria do material reciclado

Depois da separação, os resíduos poliméricos devem ser moídos em moinhos de facas rotativas e peneirados na forma aproximada de "pellets" antes do reprocessamento. Os pellets ou grânulos de plásticos facilitam a alimentação dos equipamentos de transformação evitando interrupções no processo, facilitam a homogeneização e melhoram a apresentação do produto reciclado.

É importante que o material moído tenha dimensões uniformes para que a fusão também ocorra uniformemente. A forma dos grânulos pode ser cilíndrica (com 2,5 à 4 mm de diâmetro e de 3 à 5 mm de comprimento), esférica e lentilhas (com 3 à 5 mm de diâmetro e de 1,5 à 3 mm de altura). A presença de plásticos de diferentes granulometrias ou na forma de pó proveniente da moagem é inconveniente, pois este se funde antes durante a injeção extrusão e sopro, e atrapalha o escoamento do material nos equipamentos.

CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

A reciclagem de plásticos é uma atividade de grande interesse e benefícios sociais e econômicos além de reduzir o impacto ambiental causado pela disposição destes materiais no meio ambiente.

A viabilidade e o sucesso de empreendimentos para reciclagem está diretamente ligado ao fornecimento de resíduos plásticos pelo incremento da coleta seletiva, na qualificação de recursos humanos para otimização dos processos e na qualidade do material colocado no mercado para venda ou produção de novos artigos de plásticos.

As empresas transformadoras de plásticos tem grande interesse na utilização de material reciclado para viabilização de seus custos de produção. Entretanto este interesse não pode e não deve ser comprometido pela incorporação total, ou parcial de material plástico reciclado que não apresente a qualidade compatível com os processos e equipamentos de transformação de plásticos.

Apesar da reciclagem mecânica ser o tipo de reciclagem mais praticada no Brasil pode-se observar muitas vezes que devido a falta de conhecimentos básicos sobre os processos e matérias primas os produtos obtidos podem apresentar baixa qualidade e menor valor agregado no mercado. Entretanto atividade tem apresentado crescimento nos últimos anos despertando cada vez mais o interesse para este tipo de empreendimento o que denota a necessidade e sua utilização pelo mercado Este crescimento é observado também pelos diversos trabalhos que tem sido feitos para incrementar a utilização e otimização dos processos utilizados para reciclagem, tanto por entidades públicas e privadas como das instituições de ensino e pesquisa no Brasil.

É necessário esforço continuado por toda a sociedade para superação das dificuldades tanto de ordem técnica, quanto políticas em busca de soluções para os graves problemas que afetam a sociedade na questão dos resíduos sólidos e do meio ambiente.

REFERÊNCIAS

Associação Brasileira de Embalagem. Disponível em: <<http://www.abre.org.br/>>. Acesso em: 05 jun. 2006.

Associação Brasileira da Indústria do PET. Disponível em: <<http://www.abipet.com.br/>>. Acesso em: 05 jun. 2006.

ADITIVOS para materiais termoplásticos. Disponível em: <http://www.planetaplastico.com.br/lite_aditivos.htm>. Acesso em: 05. jun. 2006.

ADL. Disponível em: <<http://www.adlbtu.com.br/br/?area=produtos>>. Acesso em: 05 jun. 2006.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 13230:** simbologia Indicativa de reciclabilidade e identificação de materiais plásticos. Rio de Janeiro, 1994.

COMPROMISSO EMPRESARIAL PARA RECICLAGEM. **CEMPRE conclui segunda edição dos microcenários setoriais sobre reciclagem no Brasil.** Disponível em: <http://www.cempre.org.br/fichas_tecnicas_microcenarios.php>. Acesso em: 04 jun. 2006.

COMPROMISSO EMPRESARIAL PARA RECICLAGEM. **PET - O mercado para reciclagem.** Disponível em: <http://www.cempre.org.br/fichas_tecnicas_pet.php>. Acesso em 04 jun. 2006.

COMPROMISSO EMPRESARIAL PARA RECICLAGEM. **Mercado.** Disponível em: <<http://www.cempre.org.br/mercado.php>>. Acesso em: 04 jun. 2006.

GARCIA, Ricardo Lopes. **Manual de coleta seletiva.** São Paulo: FIESP/CIESP, 1999.

HENSEN, Friedhelm. **Plastics extrusion technology.** New York: Hanser Publishers, 1988.

INSTITUTO NACIONAL DE PROCESSAMENTO DE EMBALAGENS VAZIAS. Disponível em: <<http://www.inpev.org.br/>>. Acesso em: 08 jun. 2006.

KIE MÁQUINAS E PLÁSTICOS LTDA. Disponível em: <<http://www.kie.com.br/>>. Acesso em: 08 jun. 2006.

LAVORATO, Marilena Lino de Almeida. **Indicadores de desempenho ambiental e competitividade.** Disponível em: <<http://www.ecoterrabrasil.com.br/home/index.php?pg=temas&cd=929>>. Acesso em: 08 jun. 2006.

NUNES, Luciano Rodrigues. **Tecnologia do PVC**. São Paulo: ProEditores , Braskem, 2002.

PLASTIVIDA. **Elaboração e monitoramento dos índices de reciclagem mecânica dos plásticos no Brasil**. Disponível em:

<http://www.plastivida.org.br/reciclagem/pes_mercado02.htm>. Acesso em: 25 maio 2006.

RECICLÁVEIS. **Identificação prática dos plásticos**. Disponível em:

<<http://www.reciclaveis.com.br/mercado/idenplas.htm>>. Acesso em: 05 jun. 2006.

SPINACÉ, Maria Aparecida da Silva; PAOLI, Marco Aurélio de. **A tecnologia da reciclagem de polímeros**. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/gn/v28n1/23041.pdf>>. Acesso em: 08 jun. 2006.

Nome do técnico responsável

Ronei Brognoli

Nome da Instituição do SBRT responsável

SENAI-RS. EEP Nilo Betanin

Data de finalização

06 Jun. 2006