



GUIA AMBIENTAL

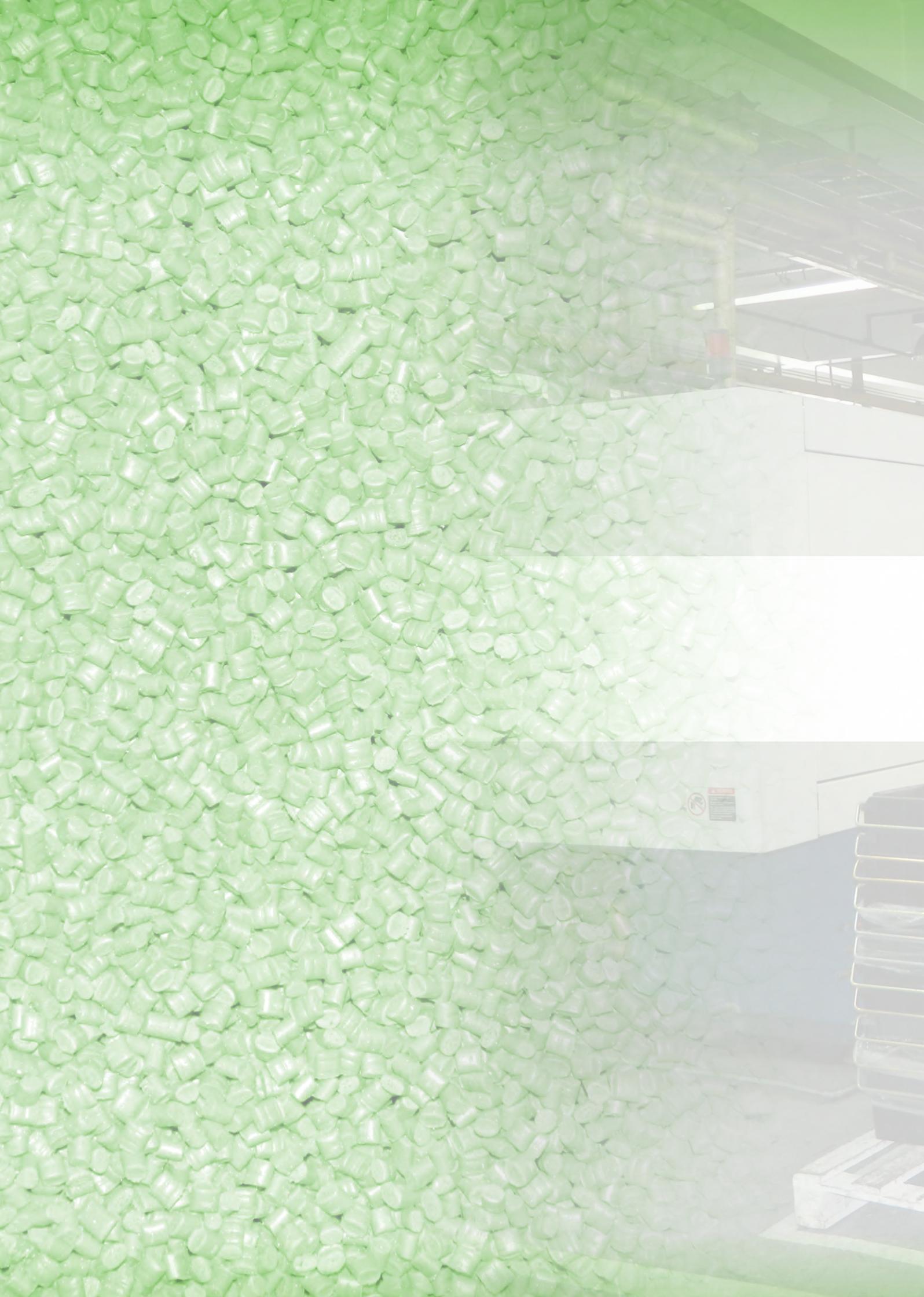
DA INDÚSTRIA DE TRANSFORMAÇÃO E RECICLAGEM DE MATERIAIS PLÁSTICOS

SÉRIE P+L



Sindiplast

Sindicato da Indústria de Material Plástico
do Estado de São Paulo





GUIA AMBIENTAL

DA INDÚSTRIA DE TRANSFORMAÇÃO E RECICLAGEM DE MATERIAIS PLÁSTICOS

SÉRIE P+L



1ª edição

São Paulo
CETESB- Companhia Ambiental do Estado de São Paulo
SINDIPLAST- Sindicato da Indústria de Material Plástico do Estado de São Paulo
2011

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
(CETESB – Biblioteca, SP, Brasil)

G971 Guia ambiental da indústria de transformação e reciclagem de materiais plásticos [recurso eletrônico] / Elaboração Técnica: Gilmar do Amaral... [et al.] ; Colaboradores: André H.C. Botto e Souza... [et al.]. – São Paulo : CETESB : SINDIPLAST, 2011.
90 p. : il. color. - - (Série P + L, ISSN 1982-6648)

Publicado também em CD e impresso.

Disponível em:

<<http://www.cetesb.sp.gov.br/tecnologia-ambiental/Produção-e-Consumo-Sustentavel/11-Documents>>.

ISBN 978-85-61405-29-8

1. Indústria – material plástico 2. Plástico – reciclagem 3. Poluição – controle 4. Poluição – prevenção 5. Produção mais limpa 6. Resíduos industriais – minimização I. Amaral, Gilmar do II. Kumagai Junior, Antonio Orlando III. Fraga, Simone Carvalho Levorato IV. Série.

CDD (21.ed. Esp.) 668.419 2

CDU (2.ed. port.) 678.5-027.33



COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO

Otávio Okano
Presidente

Nelson Roberto Bugalho
Vice-presidente

Geraldo do Amaral Filho
Diretor de Controle e Licenciamento Ambiental

Ana Cristina Pasini da Costa
Diretora de Avaliação de Impacto Ambiental

Carlos Roberto dos Santos
Diretor de Engenharia e Qualidade Ambiental

Sérgio Meirelles Carvalho
Diretor de Gestão Corporativa



Sindiplast

Sindicato da Indústria de Material Plástico
do Estado de São Paulo

SINDICATO DA INDÚSTRIA DE MATERIAL PLÁSTICO DO
ESTADO DE SÃO PAULO

José Ricardo Roriz Coelho
Presidente



FEDERAÇÃO DAS INDÚSTRIAS DO ESTADO DE
SÃO PAULO

Paulo Skaf
Presidente

Nelson Pereira dos Reis
Diretor Titular do Departamento de Meio Ambiente – DMA

SÉRIE P+L DA CETESB

CETESB – Companhia Ambiental do Estado de São Paulo

Ana Cristina Pasini da Costa
Diretora de Avaliação de Impacto Ambiental

Alfredo Carlos Cardoso Rocca
Departamento de Avaliação de Processos

José Wagner Faria Pacheco
Divisão de Sustentabilidade

José Wagner Faria Pacheco
Setor de Produção e Consumo Sustentáveis

Federação das Indústrias do Estado de São Paulo
Departamento de Meio Ambiente – DMA

Nelson Pereira dos Reis
Diretor Titular

Eduardo San Martin
João Carlos Basílio da Silva
Marco Antonio Barbieri
Nelson Vieira Barreira
Paulo Roberto Dallari Soares
Raul Ardito Lerário
Diretores Titulares Adjuntos

Nilton Fornasari Filho
Gerente

Luciano Rodrigues Coelho
Coordenador Técnico da Série P+L

CETESB – Companhia Ambiental do Estado de São Paulo

Av. Prof. Frederico Hermann Jr., 345 – Alto de Pinheiros
05459-900 – São Paulo/SP
www.cetesb.sp.gov.br

FIESP - Federação das Indústrias do Estado de São Paulo

Av. Paulista, 1313 – Bela Vista
01311-923 – São Paulo – SP
www.fiesp.org.br

SINDIPLAST - Sindicato da Indústria de Material Plástico do Estado de São Paulo

Av. Paulista, 2439 – 8º andar – Cerqueira César
01311-936 – São Paulo – SP
www.sindiplast.org.br

Coordenação Técnica da Série P+L

Setor de Produção e Consumo Sustentáveis da CETESB

Elaboração Técnica:

SINDIPLAST

Coordenação de Meio Ambiente

Gilmar do Amaral

Grupo de Trabalho de Produção Mais Limpa

Gilmar do Amaral – Coordenador (SINDIPLAST)
Antonio Orlando Kumagai Junior - Assessor Técnico (SINDIPLAST)
Simone Carvalho Levorato Fraga - Química Especialista em Polímeros
Luiz Gustavo Nogueira
Armando Borovina Junior (SENAI Mario Amato)
Maurício Rodrigues Ribeiro (Raposo Plásticos)
Paulo Heraldo Zaccharias (Astra S.A.)
Wellington Correa de Oliveira (Plásticos Mueller)

Colaboradores:

André H. C. Botto e Souza (CETESB)
José Wagner F. Pacheco (CETESB)
Hélio Tadashi Yamanaka (CETESB)
Mateus Sales dos Santos (CETESB)
Eduardo Mazzolenis de Oliveira (CETESB)
Flávio de Miranda Ribeiro (Secretaria do Meio Ambiente)
Luciano Rodrigues Coelho (DMA - FIESP)
Eloisa Elena Garcia (CETEA ITAL)
Durval Agostinho dos Santos (SENAI Conde Alexandre Siciliano)
Michelle Petrow Oliveira (SINDIPLAST)

Fotografia

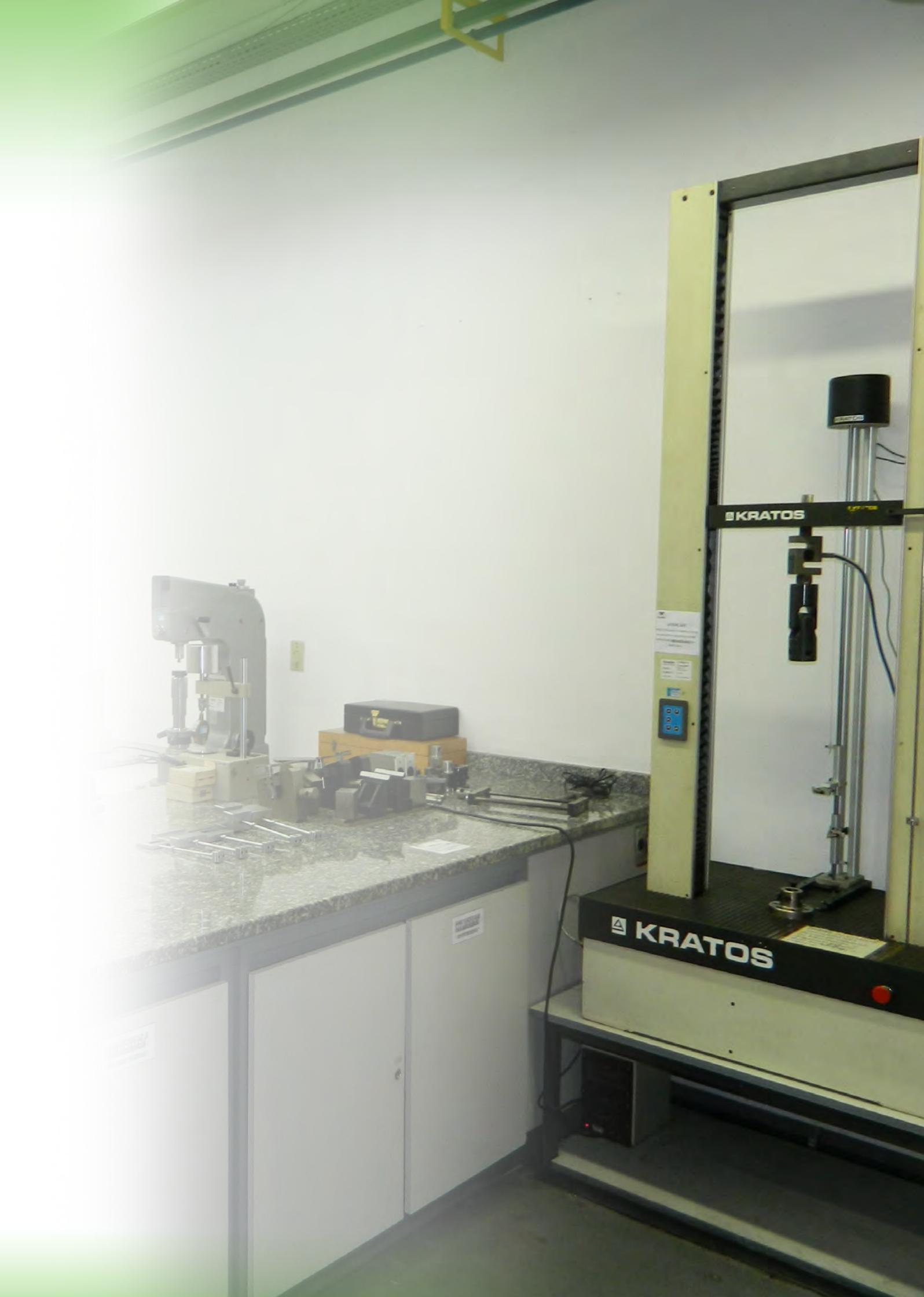
Antonio Orlando Kumagai Junior

Revisão de texto

RV&A – Oficina de Comunicação

Projeto gráfico

Soma2 - Soluções Multimídia - www.soma2.com.br



KRATOS



Apresentação

Ao longo das últimas décadas, em virtude da crescente preocupação com a escassez dos recursos naturais e com os impactos ambientais decorrentes de suas atividades, a humanidade vem questionando as referências utilizadas para o seu desenvolvimento, notadamente seus padrões de produção e consumo. Neste sentido, a gestão ambiental deve associar ações preventivas e corretivas, para garantir a manutenção da qualidade ambiental.

Assim surgiram os conceitos de desenvolvimento sustentável e de sustentabilidade, referências importantes para que a humanidade preserve a qualidade ambiental e de vida, para as gerações atuais e futuras.

Para que se pratique uma produção sustentável, as referências apontam, basicamente, no sentido de que se faça uma revisão das práticas, aumentando a eficiência do uso de recursos naturais e adotando uma abordagem holística do ciclo de vida das cadeias produtivas. Isto significa atuar nas etapas de concepção, projeto, planejamento, produção, distribuição, consumo e destinação pós-consumo dos produtos, visando o reaproveitamento máximo e a mitigação de impactos. A necessidade de revisão de práticas é cada vez mais premente, não somente devido aos aspectos ambientais, como também aos aspectos socioeconômicos.

Esta série de documentos, elaborada em parceria com a indústria paulista, é uma contribuição para o atendimento a esta demanda que se coloca ao setor produtivo.

As ações recomendadas pretendem valorizar e incentivar a gestão ambiental preventiva no setor da Indústria de Transformação e Reciclagem de Materiais Plásticos. Não se esgotam em si e requerem especialização continuada, com base na experiência acumulada da indústria e seus colaboradores, bem como na evolução tecnológica, tornando dinâmico o processo.

Assim sendo, deseja-se que os integrantes da cadeia de produção e consumo de materiais plásticos, ao adotarem este documento como uma de suas referências para caminhar rumo a uma produção sustentável, implementem, melhorem e aumentem este rol de ações.

Otávio Okano
Presidente

CETESB – Companhia Ambiental do Estado de São Paulo

Parceria em prol da sustentabilidade

É muito gratificante observar o engajamento crescente dos distintos segmentos manufatureiros na causa da produção mais limpa. Tal iniciativa tem especial relevância no caso da indústria de transformação de plásticos, sétima maior da economia nacional e com influência em praticamente todas as cadeias produtivas.

Devemos apoiar e estimular o esforço das empresas e do setor em prol da preservação, salubridade e qualidade da vida. Consistente contribuição é este Guia Técnico Ambiental da Indústria de Transformação e Reciclagem de Materiais Plásticos. A publicação responde ao unânime diagnóstico mundial de que o caminho da prosperidade socioeconômica passa, necessariamente, pelo crescimento sustentado do nível de atividade.

Por essa razão, nós, da Fiesp/Ciesp, sentimo-nos gratificados pela edição deste guia, num trabalho conjunto com a Secretaria de Estado de Meio Ambiente, Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (Cetesb) e o Sindiplast (Sindicato da Indústria de Material Plástico do Estado de São Paulo.) Trata-se de iniciativa completamente alinhada à prioridade que conferimos ao tema.

Criamos o Conselho Superior do Meio Ambiente, que reúne empresários, técnicos e ambientalistas. Também mantemos o Departamento de Meio Ambiente, com quadro profissional de altíssima qualificação. O Prêmio Fiesp de Mérito Ambiental, com crescente participação das indústrias, reconhece e incentiva as boas práticas nessa área. O Prêmio Fiesp de Conservação e reuso da Água valoriza as ações em prol do bom aproveitamento dos recursos hídricos. Além disso, todos os anos, em especial na Semana do Meio Ambiente, numerosos eventos são realizados para mobilizar a opinião pública.

A edição deste guia ambiental demonstra o compromisso da indústria com a produção mais limpa e o desenvolvimento sustentado. Este é um empenho a ser multiplicado em todas as frentes, incluindo a parceria com os setores públicos e privado na causa da sustentabilidade.

Paulo Skaf
Presidente

FIESP – Federação das Indústrias do Estado de São Paulo

Objetivo factível



Os componentes plásticos estão presentes, de alguma forma, na maioria dos produtos utilizados pela sociedade contemporânea, contribuindo para seu desenvolvimento – uma lista que abrange desde artigos domésticos, como vasilhames, embalagens, tubos e conexões, brinquedos e eletrodomésticos, até peças que integram automóveis, aviões e aparelhos utilizados em diagnósticos médicos.

Iniciativa conjunta da Federação das Indústrias do Estado de São Paulo (FIESP) e a Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (CETESB), em parceria com o Sindicato da Indústria de Material Plástico do Estado de São Paulo (SINDIPLAST) este guia integra uma série de publicações destinadas a contribuir com os preceitos de desenvolvimento sustentável neste importante segmento industrial. Em suas páginas poderão ser vistos mais detalhes sobre a aplicação prática do conceito de Produção Mais Limpa (P+L), uma sigla que, diariamente, ganha mais e mais força em todos os setores produtivos.

O conteúdo deste guia foi especialmente elaborado para disseminar informações e dar diretrizes para empresários e colaboradores que atuam direta ou indiretamente com a indústria de transformação do plástico, bem como aos demais interessados em entender os caminhos que podem levar à preservação do meio ambiente.

Apenas o conhecimento sobre esta indústria, bem como a conscientização e a educação do setor produtivo e demais integrantes da sociedade, poderão trazer compreensão sobre o mundo em que vivemos e as formas mais adequadas de respeitá-lo, equilibrando nossas ações do dia a dia.

Portanto, mais do que espectadores deste ciclo, todos nós somos, também, os responsáveis por contribuir com a construção e manutenção de um futuro no qual a sociedade possa ter mais qualidade de vida. No final, todos ganham.

José Ricardo Roriz Coelho
Presidente

SINDIPLAST – Sindicato da Indústria de Material Plástico do Estado de São Paulo

Compromisso sustentável

Pela representatividade do setor de plásticos na economia brasileira, a Associação Brasileira da Indústria do Plástico (ABIPLAST) entende como fundamental o convite da Federação das Indústrias do Estado de São Paulo (FIESP) e da Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (CETESB) para participação do Sindicato da Indústria de Transformação de Material Plástico do Estado de São Paulo (SINDIPLAST) na iniciativa ora empreendida e materializada na publicação de manuais focados no tema Produção Mais Limpa (P+L).

Desta forma, nossa indústria tem a oportunidade de dar sua contribuição nesta importante estratégia de conscientização, que envolve diferentes setores produtivos.

Ciente da necessidade de disseminar o conhecimento acerca dos caminhos que conduzam a um equilíbrio entre consumo e sustentabilidade ambiental, a ABIPLAST encontra nesta publicação uma ferramenta que poderá ser amplamente empregada por empresários e colaboradores do setor, além de ser de interesse dos demais representantes da sociedade civil.

Mais do que representar um dos segmentos produtivos fundamentais para o desenvolvimento socioeconômico da Nação, nosso setor cumpre o papel de educar os profissionais envolvidos nesta indústria sobre as práticas e condutas corretas, que poderão contribuir para reduzir os impactos ambientais em nosso Planeta.

José Ricardo Roriz Coelho

Presidente

ABIPLAST - Associação Brasileira da Indústria do Plástico

Sumário

1 - Introdução	15
1.1 - Perfil do setor	17
1.2 - Introdução ao material plástico	18
1.2.1 - Biopolímeros, polímero biodegradável e oxidegradável	19
1.3 Fluxograma genérico para a transformação dos materiais plásticos	20
1.3.1 - Matéria-prima	21
1.3.2 - Testes laboratoriais na matéria-prima	22
1.3.3 - Aditivos	22
1.3.4 - Secagem	23
1.3.5 - Processo de transformação	23
1.3.6 - Logística	24
1.3.7 - Controle laboratorial	24
1.3.8 - Processos	24
2 - Processos de transformação de termoplásticos	25
2.1 - Processo de injeção	26
2.2 - Processo de extrusão	27
2.2.1 - Extrusão de tubos e perfis	28
2.2.2 - Extrusão de filme tubular	29
2.2.3 - Extrusão de filme plano	32
2.2.4 - Extrusão de filmes mono e biorientados	33
2.2.5 - Extrusão de chapas	35
2.2.6 - Co-extrusão de chapas e filmes	35
2.3 - Processo de sopro	36
2.3.1 - Sopro biorientado	37
2.3.1.1 - Processamento nas operações de sopro biorientado	38
2.3.2 - Injeção e sopro combinados	39
2.4 - Processo de rotomoldagem	40
2.4.1 - Carregamento	41
2.4.2 - Aquecimento	41
2.4.3 - Resfriamento	41
2.4.4 - Desmoldagem	41
2.5 - Processo de termoformação a vácuo	42
2.6 - Processos de transformação para peças em polímeros termofixos	43
2.6.1 - Processo de injeção	43
2.6.2 - Máquinas para injeção de termofixos	43
2.7 - Moldagem por compressão	44

2.8 - Moldagem por transferência	44
3 - Reciclagem	45
3.1 - Reciclagem mecânica	48
3.2 - Alternativas para a reciclagem dos plásticos termofixos	57
3.3 - Reciclagem de poliestireno expandido - "Isopor"	57
3.4 - Reciclagem energética	60
3.5 - Reciclagem química	61
4 - Aspectos e impactos ambientais	62
4.1 - Consumo de água	65
4.2 - Energia Elétrica	65
4.3 - Matérias-primas e produtos auxiliares	66
4.4 - Principais interferências no meio	66
4.4.1 - Gases	66
4.4.2 - Ruído	67
4.4.3 - Resíduos	67
4.4.4 - Aspectos e impactos ambientais da indústria da reciclagem	68
4.5 - Geração de efluentes	69
4.6 - Geração de resíduos sólidos	69
5 - LAAI - Levantamento e Avaliação de Aspectos e Impactos Ambientais	70
6 - Produção mais limpa (P+L)	71
6.1 - Oportunidades de Produção Mais Limpa - OP+L	74
7 - Referências	84
8 - Apêndice	88
8.1 - Segurança do trabalho no processo de transformação e reciclagem de materiais plásticos	88
8.2 - SGA - FIESP	88
Termos	89
Siglas	90

1 - Introdução



O presente guia da “Série P+L”, da Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (Cetesb), é o resultado de um trabalho realizado entre esta agência ambiental, o Sindicato da Indústria de Material Plástico do Estado de São Paulo e a Federação das Indústrias do Estado de São Paulo (Fiesp) através de seu Departamento do Meio Ambiente (DMA), para disponibilizar informações e orientações sobre produção mais limpa (P+L) na indústria de transformação e reciclagem de material plástico.

O guia é voltado para empresários, técnicos, colaboradores em geral e demais interessados na adoção de medidas práticas de gestão ambiental ou práticas ambientais que busquem, ao mesmo tempo, aumentar a eficiência dos seus processos e reduzir os impactos ao meio ambiente, de maneira integrada e preventiva.

São apresentados neste guia o perfil do setor de transformação de material plástico, os principais processos dos setores de transformação e reciclagem e os aspectos e impactos ambientais relacionados a estes processos, além de exemplos práticos de oportunidades de produção mais limpa (P+L) para eliminar ou reduzir estes mesmos impactos. Cada um desses temas foi desenvolvido de modo genérico e orientativo. Sendo assim, caberá a cada empresa analisar as informações e considerar as particularidades inerentes às suas atividades.

As informações contidas neste documento ajudam os envolvidos a identificar os principais aspectos ambientais associados com suas atividades e a buscar as melhores formas de mitigá-los. Além disso, estimulam a adoção de um comportamento proativo em relação às questões ambientais no setor como, por exemplo, a implantação de um Sistema de Gestão Ambiental (SGA).

A reavaliação dos processos produtivos sob o foco dos seus aspectos ambientais certamente auxiliará as empresas transformadoras e recicladoras de material plástico na busca de uma maior participação nos mercados nacional e internacional, tornando-as aptas a competir e ampliando o volume de produtos plásticos elaborados dentro dos princípios do desenvolvimento sustentável.

A indústria brasileira de transformação de material plástico conta com um alto nível tecnológico dos seus parceiros produtores de máquinas, periféricos, moldes e matérias-primas. Estas empresas já obtiveram importantes avanços em termos de inovação, o que contribuiu para a melhoria de sua produtividade e da qualidade de seus produtos, com efeitos positivos sobre os aspectos ambientais. No entanto, há ainda um grande número de estabelecimentos com processos e equipamentos antigos, que necessitam de adequação, principalmente no que diz respeito à indústria de reciclagem plástica, buscando-se a sua profissionalização.

Além disso, muitas empresas atualmente terceirizam a realização de certas etapas do processo (acabamento, montagem de conjuntos, pintura, cromação, metalização etc.) junto a empresas especializadas, sem saber se estes terceiros trabalham de maneira ambientalmente adequada.

Após a leitura deste guia, espera-se que os interessados possam utilizar os conceitos, metodologias e ideias aqui sugeridas para realizar uma avaliação de seu processo produtivo, podendo, dessa forma, atuar sobre seus aspectos ambientais específicos, minimizando seus impactos.

As declarações contidas neste documento constituem um guia de boas práticas. Não se pretende que ele deva ser interpretado como criador de obrigações. Empresas e órgãos públicos podem decidir seguir as diretrizes contidas neste documento ou agir de modo diferente, de acordo com as circunstâncias específicas e a legislação aplicável.

Vale ressaltar que, independentemente das orientações contidas neste guia, é fundamental que cada indústria de transformação de plástico realize o levantamento dos requisitos legais aplicáveis às suas atividades, visando seu atendimento, bem como a preservação do meio ambiente.

A indústria brasileira de transformação de material plástico conta com quase um século de existência e tem contribuído de maneira significativa para o progresso socioeconômico do País. A produção nacional, com crescente qualidade, está presente em praticamente todos os setores da economia, fornecendo produtos para os segmentos eletroeletrônico, cosméticos, farmacêutico, automotivo, brinquedos, alimentício, construção civil, agrícola, utilidades domésticas, higiene, limpeza, calçados, aviação e médico-hospitalar, ou seja, o plástico está sempre presente no cotidiano das pessoas.

Os requisitos da criatividade e inovação, sensibilidade de perceber as exigências do mercado, respeito às normas técnicas e aos parâmetros elevados de qualidade, valorização do capital humano e exercício da responsabilidade socioambiental tornaram-se fundamentais à sobrevivência das empresas. A indústria brasileira de transformados plásticos, dando um passo no cumprimento de sua missão de contribuir para que o setor atenda às exigências do mercado e também de sua sustentabilidade, no Brasil e no mundo, tem adotado, cada vez mais, práticas de responsabilidade social e ambiental, como este próprio guia sugere.

1.1 - Perfil do setor



O setor de transformação de material plástico é entendido como o terceiro elo da cadeia petroquímica. É o responsável pela transformação da resina termoplástica (grânulo / pellet), por meio de processos como extrusão, injeção, sopro etc., em produtos plásticos para as mais variadas aplicações, desde embalagens para alimentos, itens para a construção civil, peças automotivas e produtos hospitalares. O material plástico, devido às suas características, é utilizado em praticamente todas as atividades econômicas e está mais presente no dia a dia das pessoas do que se imagina.

O setor é composto por mais de 11 mil empresas instaladas em todo o território nacional e emprega mais de 350 mil pessoas. É um setor de mão de obra intensiva, e o número de empregos cresce a uma taxa média de 6% a.a.

Atualmente, o consumo anual médio per capita de plástico no Brasil é de cerca de 30 kg/hab e a tendência é que esse indicador aumente. Na Europa e nos Estados Unidos, esse consumo gira em torno de 100 kg/hab. Esse é um indicador do quanto há de espaço para o crescimento do setor de transformação de material plástico no Brasil.

O consumo brasileiro de plástico gira em torno de 6,2 milhões de toneladas e cresce em média de 5% a.a. Desse total, 26% são embalagens para indústria alimentícia; 15% são peças e produtos para uso na construção civil; 10% são utilidades domésticas e bens de consumo; 8% são embalagens para produtos de higiene e limpeza; 4% são destinados aos produtos utilizados no setor agrícola, como mangueiras, lonas etc.; 2% são aplicados no setor de eletrodomésticos; 2% são destinados aos produtos da indústria cosmética e farmacêutica; 2% são utilizados na indústria de calçados; e 1,5% são utilizados pela indústria automobilística. Além dos percentuais citados, 14,5% são empregados em embalagens distintas e outros 16% são produtos de aplicações diversas.

O principal processo produtivo utilizado pelo setor é a extrusão, em quase 60% do total do plástico transformado, seguido pelos processos de injeção (cerca de 20%), sopro (16%) e rotomoldagem e afins (9%).

As importações de transformados plásticos representam quase 10% do total de plástico consumido no Brasil, sendo a China o principal país de origem.

Demais informações podem ser obtidas no Perfil da Indústria do Plástico, elaborado e atualizado anualmente pela Abiplast e disponível no site www.abiplast.org.br.

1.2 - Introdução ao material plástico

Os materiais plásticos podem ser de fonte sintética ou derivados de substâncias naturais, a exemplo do petróleo, a principal delas.

Devido ao baixo custo de produção, peso reduzido, resistência e capacidade de ser moldado nas mais diversas formas, o material plástico é utilizado por inúmeros setores da cadeia produtiva, no Brasil e no mundo.

O plástico é composto por polímeros, macromoléculas formadas a partir de unidades estruturais menores e repetidas, chamadas monômeros. Os polímeros podem ser classificados como homopolímeros (polímeros formados por um único tipo de monômero) ou copolímeros (formados por mais de um tipo de monômero).

Os polímeros podem ser divididos em termoplásticos (não sofrem reações químicas quando submetidos ao calor) e termofixos (alteram sua composição sob aquecimento).

Atualmente, os polímeros mais utilizados (considerados commodities) são o polietileno (PE), polipropileno (PP), poliestireno (PS), poliuretano (PU), policloreto de vinila (PVC) e poliéster.

Porém, vários outros polímeros são fabricados em menor escala. Por terem aplicações específicas ou devido ao seu alto custo, são denominados plásticos de engenharia ou especialidades.

A indústria do material plástico dá suporte a quase todas as indústrias dos mais variados segmentos.

A Figura 1 ilustra os principais processos de transformação da resina em produto plástico.

No endereço <http://www.abiplast.org.br/aplicacao.pdf> está disponível o levantamento das principais resinas, suas características e aplicações.

1.2.1 - Biopolímeros, polímero biodegradável e oxidegradável



Biopolímeros

Segundo a NBR 15448-1, biopolímero é um polímero ou copolímero produzido a partir de matérias-primas de fontes renováveis.

Em substituição à matéria-prima vinda do petróleo, podem ser utilizados o amido de milho, a cana-de-açúcar, a celulose, a quitina, dentre outros. Podem ser inertes ou biodegradáveis e compostáveis, dependendo de sua natureza química.

Polímeros biodegradáveis

Ainda segundo a NBR 15448-1, biodegradação é a degradação causada por atividade biológica de ocorrência natural, por ação enzimática. A biodegradação aeróbica ocorre na presença de oxigênio, produzindo principalmente dióxido de carbono e matéria orgânica estabilizada. Na biodegradação anaeróbica a ação microbiana acontece na ausência de oxigênio ou em ambiente com baixa disponibilidade de oxigênio e os produtos formados são metano, matéria orgânica estabilizada e dióxido de carbono.

Para ser considerado biodegradável, no mínimo 90% do carbono orgânico deve ser convertido a dióxido de carbono num prazo máximo de seis meses. Além disso, para ser considerado biodegradável e compostável, o material na sua forma final deve ser desintegrado em processo de compostagem tradicional em no máximo 12 semanas e o composto orgânico resultante deve ter qualidade suficiente para não comprometer a germinação e a biomassa vegetal das plantas, quando avaliado em relação ao composto orgânico de referência (NBR 15448-2). A compostagem é o processo de revalorização no pós-consumo de materiais naturalmente biodegradáveis.

A biometanização, por sua vez, é a revalorização dos resíduos orgânicos por biodegradação anaeróbica, para produção controlada de gás metano que é então utilizado principalmente na produção de energia (NBR 15448-1).

Plástico oxidegradável

Plástico oxidegradável é o material de origem renovável ou não, que recebe uma quantidade de aditivo pró-oxidante que causa a degradação do polímero através da ação do oxigênio, com efeito acelerado pela temperatura e raios ultravioleta, gerando pequenas partículas que se dispersam no ambiente. Não é considerado biodegradável e compostável, pois não atende os requisitos da NBR 15448-2. A denominação oxibiodegradável é errônea neste caso.

O plástico com aditivo oxidegradável deverá ser segregado dos demais, para que não interfira na qualidade dos produtos da reciclagem mecânica.

1.3 Fluxograma genérico para a transformação dos materiais plásticos

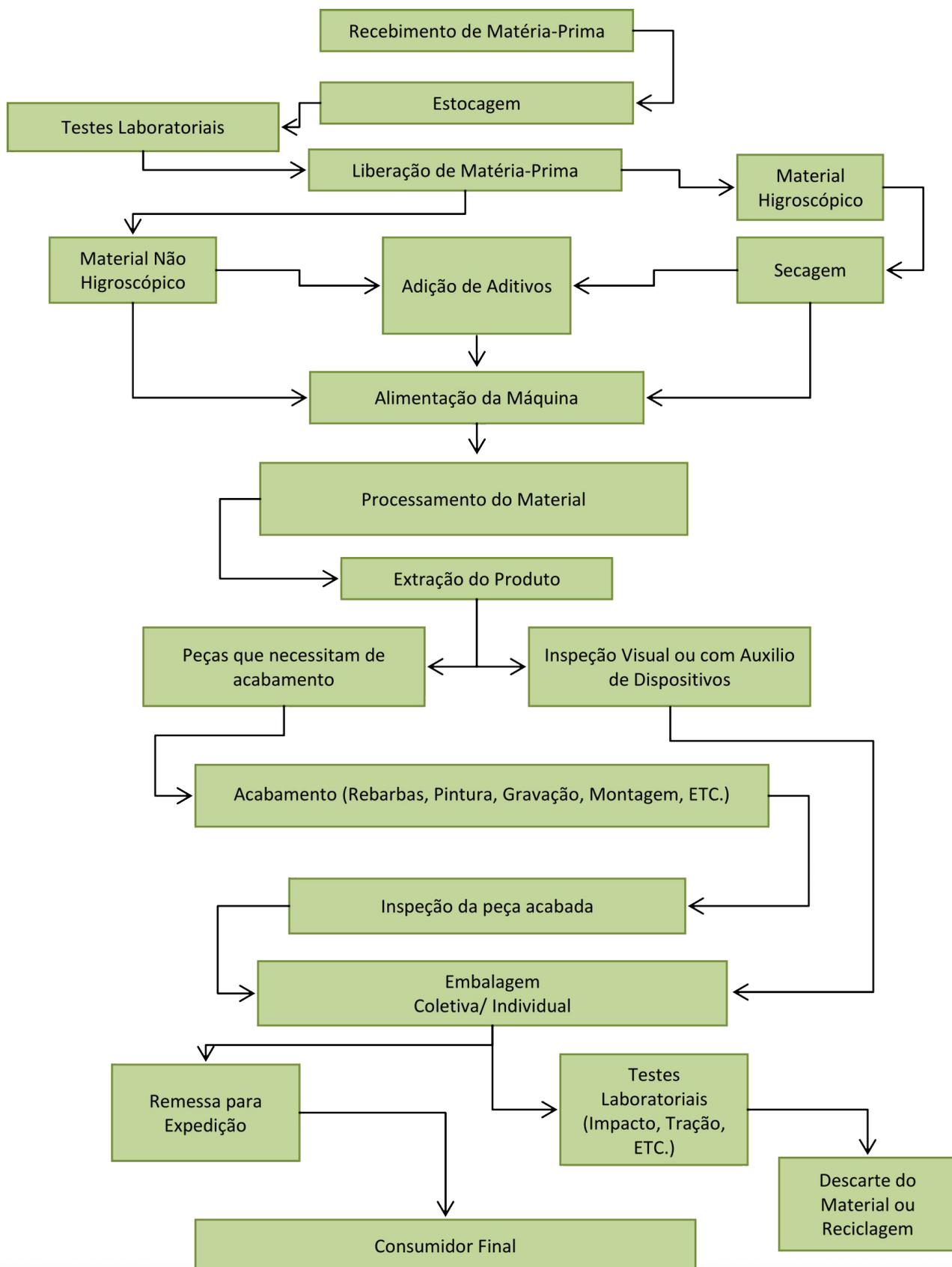


Figura 1 - Fluxograma genérico para a transformação dos materiais plásticos

1.3.1 - Matéria-prima



A resina a ser processada é fornecida em pellets ou na forma de pó. O armazenamento da matéria-prima não exige grandes cuidados, bastando que seja acondicionado em lugar seco e protegido da luz solar direta.

A resina pode ser comprada já na cor desejada, porém, normalmente, a coloração é formulada durante a fabricação da peça, evitando-se a acumulação de grandes estoques de cores específicas, e podendo-se, a qualquer instante, obter produtos de cores diferentes, com a alteração do pigmento (técnica de masterbatch, que emprega pigmentos em pasta, pó ou líquido).



Figura 2 - Estoque de matéria-prima

1.3.2 - Testes laboratoriais na matéria-prima

De modo a garantir a qualidade da matéria-prima e, conseqüentemente a do produto final, é recomendável que sejam realizados testes laboratoriais antes do processamento, tais como o de fluidez, densidade e teor de cinzas, parâmetros que também podem ser garantidos pelos certificados de procedência do fabricante.

1.3.3 - Aditivos

É comum existir em estoque vários tipos de aditivos, necessários para cada tipo de produto, tais como cargas, lubrificantes, antibloqueios, antiestáticos, anti-fogging, pigmentos etc.

Esses aditivos são misturados em quantidades mínimas, de modo a evitar grandes alterações das características físicas. Quando a adição for mais complexa, esse trabalho é realizado em empresas especializadas.



Figura 3 - Preparo dos aditivos

1.3.4 - Secagem



Se o material exigir desumidificação, deverá ser acondicionado em estufas ou secadores, e ali permanecer por algumas horas sob determinada temperatura, conforme o tipo de material.

Este procedimento se torna necessário para evitar problemas no processamento e o surgimento de bolhas no interior da peça, que se formam com o vapor d'água devido ao aquecimento do material.

Concluída essa fase, o material estará pronto para ser processado.



Figura 4 - Equipamento de estufagem de plástico.

1.3.5 - Processo de transformação

Devido às inúmeras aplicações dos produtos, os principais processos de transformação do material plástico serão analisados a seguir.

1.3.6 - Logística

Faz-se necessário um processo eficiente para o escoamento da produção, aliado a um bom estudo logístico do fluxo, para que o empreendimento não entre em colapso.

Se a peça não exigir acabamentos posteriores, ela já está pronta e, na maioria das vezes, pode ser acondicionada na embalagem final. Se necessitar de acabamentos, como pintura, gravações, montagens etc., pode ser guardada em caixas e enviada a um depósito, onde aguardará o posterior processamento.

1.3.7 - Controle laboratorial

A aferição e o controle das propriedades dos materiais devem ser feitos por amostragem, normalmente em laboratórios dentro da empresa, onde são executados os ensaios físicos mais comuns, como o de padrão de cor, testes de impacto, tração, dureza, dimensional, estanqueidade e outros que se fizerem necessários.

Estes procedimentos são extremamente importantes, pois são eles que garantem a fabricação da peça dentro dos padrões pré-estabelecidos.



Figura 5 - Laboratório de análises

1.3.8 - Processos

A fim de conhecer melhor os processos produtivos para a proposição de melhorias ambientais do setor, voltadas para a P + L, descrevem-se a seguir os principais processos de transformação da cadeia produtiva do material plástico.



2 - Processos de transformação de termoplásticos

2.1 - Processo de injeção



Figura 6 - Injetora de plásticos com manipulador

O material é depositado em um recipiente de alimentação da injetora, (funil), de onde é direcionado para dentro de um cilindro que contém um fuso que o empurra, promovendo seu cisalhamento e homogeneização, contribuindo para sua plastificação.

Esse cilindro possui resistências acopladas (na parte externa), que aquecem o material, ocasionando sua fusão. O material então percorre o cilindro até a outra extremidade, onde se encontra o bico de injeção que servirá de intermediário entre o cilindro e o molde. Nesse instante, o material, já totalmente fundido, é forçado a adentrar o molde, ocupando seus espaços vazios.

Decorridos alguns segundos, o molde se abre e libera a peça já fria e pronta. O tempo de espera no molde dependerá basicamente da espessura de parede e da eficiência do resfriamento efetuado, bem como da velocidade da injetora. Caso a peça exija a incorporação de componentes adicionais, como parafusos, porcas ou outros, os mesmos deverão ser introduzidos no molde antes da injeção. Estes componentes poderão ser colocados por operadores, que também realizarão a retirada das peças após a injeção.

Podem ser utilizados manipuladores semiautomáticos ou automáticos, que auxiliam no processo.

2.2 - Processo de extrusão



É o mais importante processo de transformação de plásticos. Extrudar significa “empurrar” ou “forçar a sair”. Muitos materiais são transformados pelo processo de extrusão: metais, argila, alimentos, plásticos etc.

O processo de extrusão de plásticos consiste basicamente em forçar a passagem (controlada) do material granulado por dentro de um cilindro aquecido, por meio de uma ou duas roscas “sem fim”, que transportam, misturam, compactam e permitem a retirada de gases liberados no processo.

Na saída do cilindro, o material é comprimido contra uma matriz de perfil desejado, a qual dá formato ao produto, sendo este, depois, calibrado, resfriado, cortado ou enrolado.

Os principais componentes de uma extrusora são: motor elétrico (acionamento), conjunto de engrenagens redutoras (transferência de torque do motor para a rosca), cilindro, rosca, matriz, carcaça, painel de comando, resistências de aquecimento, ventiladores de resfriamento e bomba de vácuo.

Os polímeros são normalmente extrudados no estado fundido e, nesse caso, o polímero é alimentado no estado sólido, se funde e é levado à saída da extrusora.



Figura 7 - Extrusora de chapas plásticas

As extrusoras são normalmente classificadas de acordo com o diâmetro da rosca, que varia de 25 a 250mm. Outra forma de expressar o tamanho das extrusoras é em relação ao comprimento do cilindro (ou barril) em função do diâmetro da rosca, conhecida como razão L/D; seus valores típicos variam de 20 a 30.

2.2.1 - Extrusão de tubos e perfis

O processo produtivo é conjugado, tendo em vista o emprego simultâneo de máquinas e operações manuais.

A produção de tubos e perfis acontece via extrusão. Na sequência, o material é refrigerado em um calibrador e assume as dimensões finais do produto, cortado no comprimento especificado e, se necessário, modelado com calibradores e gabaritos (acabamento).

A figura ilustra um fluxograma básico da extrusão de componentes (no caso, PVC.)

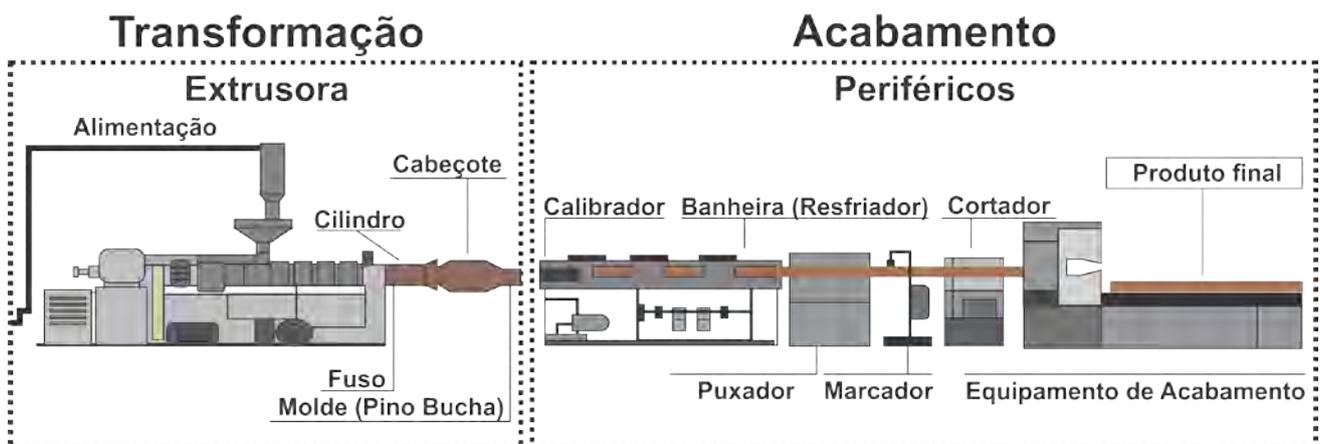


Figura 8 - Extrusora para tubos e perfis em PVC

2.2.2 - Extrusão de filme tubular



No processo tubular, o filme é extrudado através de uma matriz, que poderá ser de diferentes tipos:

- Matriz de alimentação lateral;
- Tipo aranha;
- Espiral;
- Giratória

Em seguida, o filme formado é resfriado por contato direto, seja com ar ou com água. Quando o filme sai da matriz, é soprado ar em seu interior, com pressão suficiente para a formação de um “balão”, configurando, dessa forma, o filme tubular. A passagem do produto pelo balão causa o resfriamento do filme, que toma, então, a sua forma e espessura finais.

Existem dois tipos de processos tubulares: ascendente e descendente, conforme o balão se forme de baixo para cima (aproveitando a baixa densidade dos polímeros), ou em sentido descendente. Filmes em polietilenos de alta e baixa densidade são exclusivamente produzidos pelo processo tubular ascendente, enquanto que o polipropileno (a não ser em alguns casos) é produzido pelo descendente e com refrigeração a água.

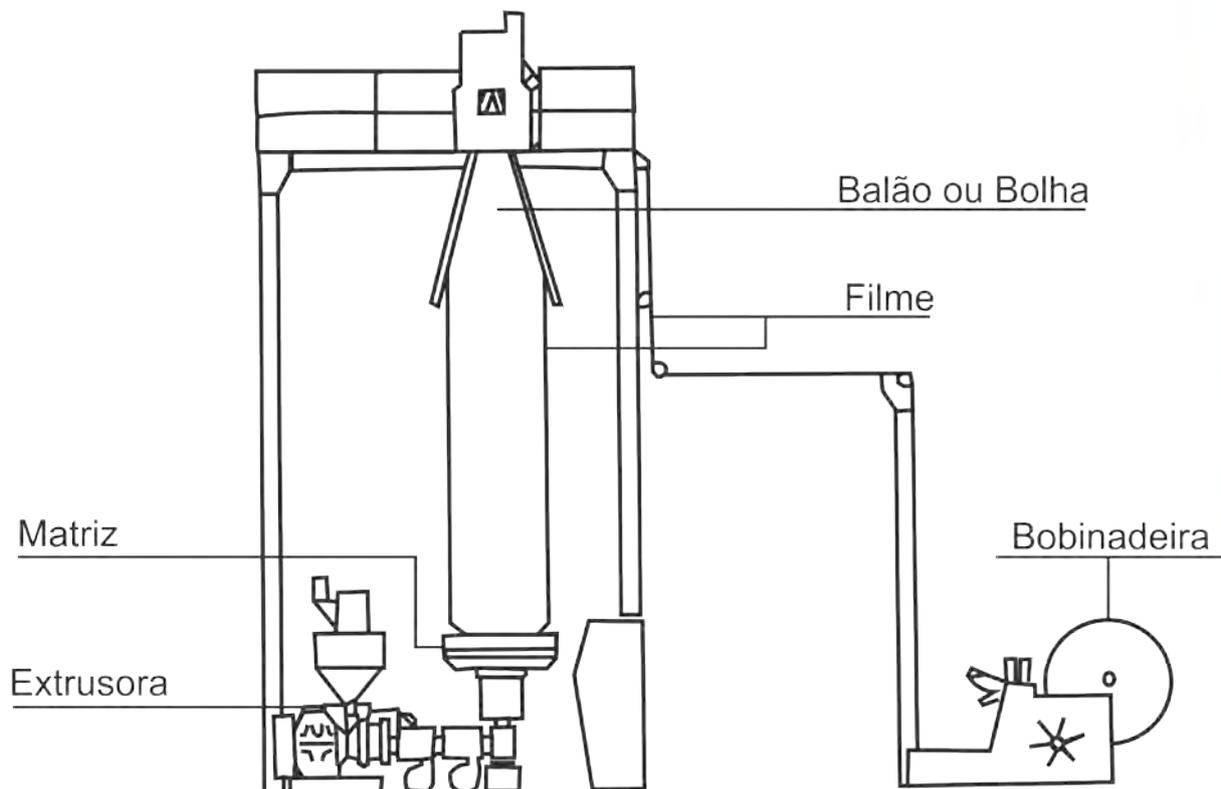


Figura 9 - Processo de extrusão tubular ascendente para filmes plásticos

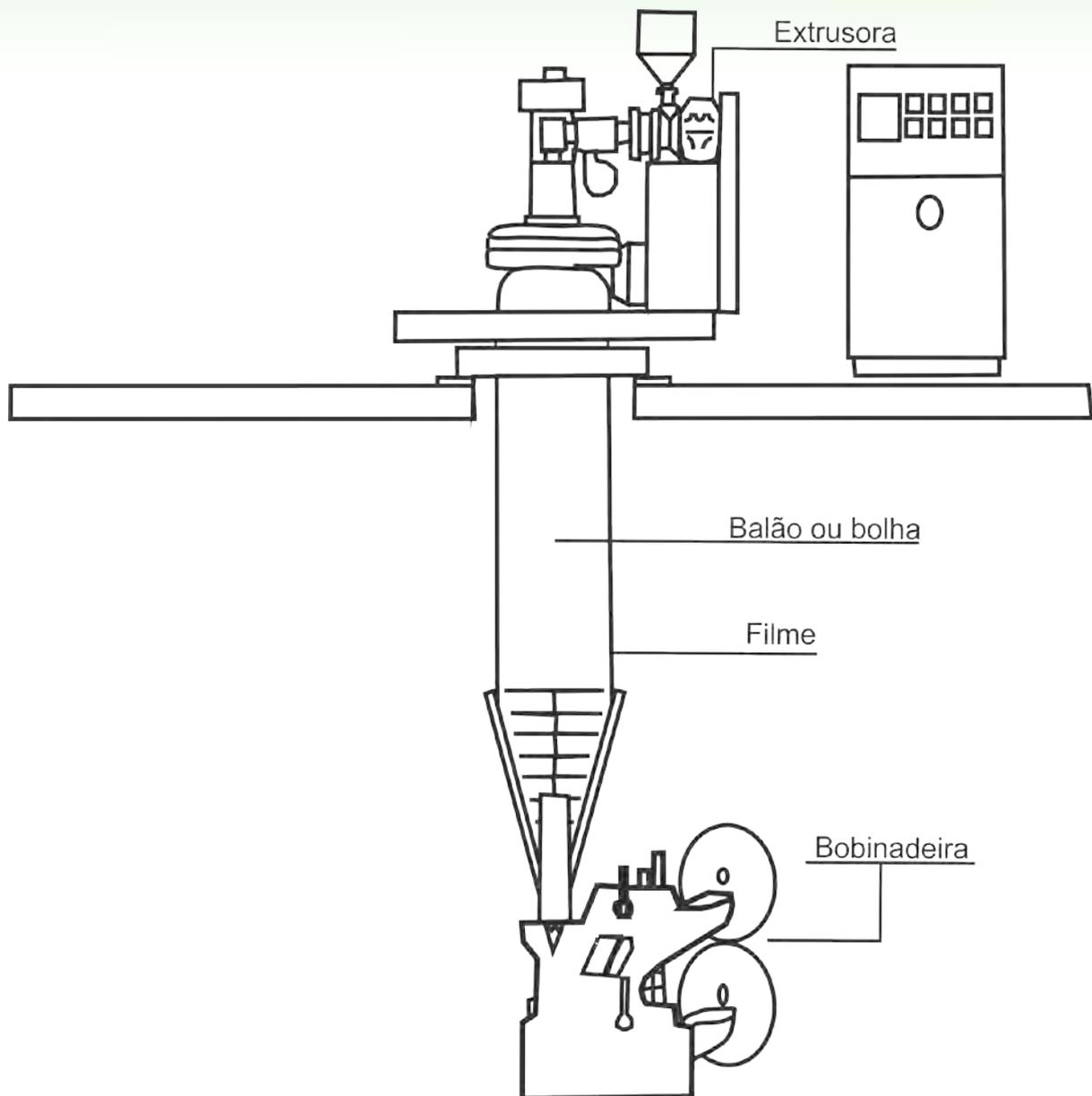


Figura 10 - Processo de extrusão tubular descendente para filmes plásticos

Para se fazer a calibração final da espessura do filme, o material passa por cilindros ou rolos de puxamento e fechamento, que o deixarão na espessura final desejada.

Para altas velocidades de produção, faz-se necessário incorporar dispositivos de resfriamento externo, além de se fazer provisões para uma maior capacidade de resfriamento interno do balão, especialmente na zona de expansão da bolha, onde o filme ainda se apresenta como uma massa termoplástica fundida.

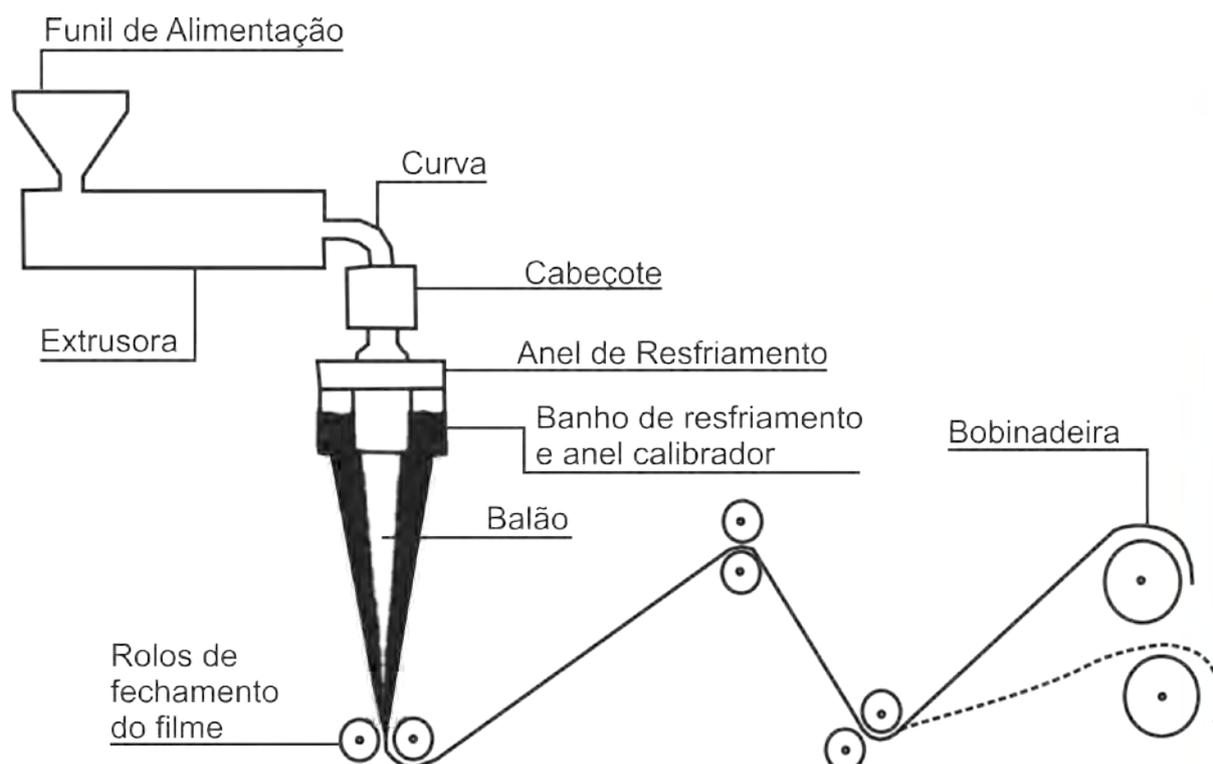


Figura 11 - Processo de extrusão tubular descendente para filmes plásticos

Uma vez formado o balão, o mesmo é achatado por uma guia colocada imediatamente antes dos rolos puxadores, que formam a folha dupla que será depois bobinada. Nessa etapa do processo, deve-se manter o filme bem estirado de modo a evitar rugas na sua superfície.

2.2.3 - Extrusão de filme plano

É um processo que permite a obtenção de filmes bastante finos e com ótima uniformidade de espessura.

Nele, a matriz é horizontal, com abertura regulável através de parafusos dispostos ao longo do seu comprimento, que regulam a espessura do filme. Diferentemente do processo tubular, a transformação em filme ocorre na horizontal, não requerendo, portanto, galpões muito altos para as instalações.

A matriz plana de extrusão é dotada de saída oblíqua, de modo a propiciar um fluxo uniforme (não turbulento) da massa fundida, que deverá ter baixa viscosidade (média a alta fluidez.)

Na matriz, o material fundido toma uma forma geométrica característica, conhecida como “rabo de peixe”, por onde flui e se espalha até a saída (lábios), sendo, depois, resfriado por contato direto com cilindros de aço mantidos a baixa temperatura, geralmente em torno de 10°C (chill-rolls), que também exercem uma pequena força de puxamento do filme.

De modo a otimizar as qualidades óticas do filme, é necessário trabalhar bem próximo das temperaturas de extrusão recomendadas para cada termoplástico; também é necessário manter a temperatura o mais baixa possível nos chill-rolls, a fim de promover o choque térmico necessário à obtenção de um filme com excelente brilho de superfície.

Os cilindros de refrigeração deverão ser altamente polidos, para que sua superfície espelhada não transmita imperfeições à superfície do filme, o que prejudicaria seu brilho e sua transparência.

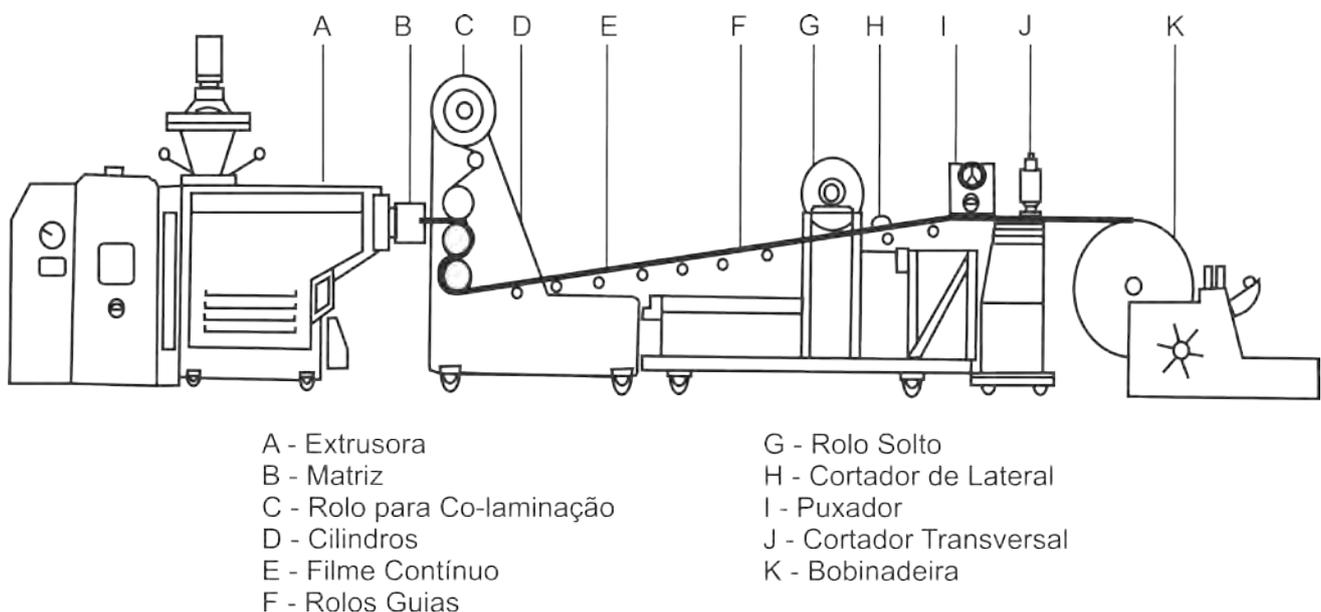


Figura 12 - Extrusora plana para filmes plásticos

2.2.4 - Extrusão de filmes mono e biorientados



Tanto os processos tubulares, quanto o plano podem produzir filmes monorientados ou biorientados.

Os filmes monorientados destinam-se principalmente à fabricação de embalagens flexíveis, que necessitem de boa resistência ao impacto, sejam impermeáveis aos gases (principalmente ao vapor d'água) e tenham resistência térmica. São usados, também, para a produção de filmes laminados.

Os biorientados diferem dos monorientados por sofrerem, no processamento, orientação adicional das moléculas no sentido transversal. O processo de fabricação desenvolve-se de acordo com as etapas descritas a seguir.

Extrusão e resfriamento:

A estrutura morfológica ideal será determinada pela velocidade de resfriamento e controle das propriedades gerais do filme após a orientação.

Orientação ou estiramento:

É a fase principal do processo, na qual o tubo ou fita é estirado nas direções longitudinais e transversais, conferindo ao produto suas excelentes características óticas, mecânicas e impermeabilidade a gases.

Normalização ou relaxação:

Ocorre normalmente dentro de uma estufa horizontal, pela qual o filme passa, enquanto é reaquecido a uma temperatura específica, resultando em ligeira contração do material e em sua estabilização controlada. Nessa etapa ocorre o relaxamento de tensões internas decorrentes do processo de orientação.

Pré-tratamento:

O filme atravessa uma região submetida a descarga corona (campo elétrico) ou uma chama, de modo a tornar a sua superfície receptiva a tintas de impressão ou adesivos.

Bobinamento:

é a etapa final do processo e se realiza sob tensão controlada. A bobina resultante poderá ser armazenada por tempo determinado, de modo a sofrer um relaxamento e posterior estabilização, antes das operações subseqüentes.

As figuras a seguir ilustram a fabricação de filmes biorientados, respectivamente, pelo processo plano e tubular.

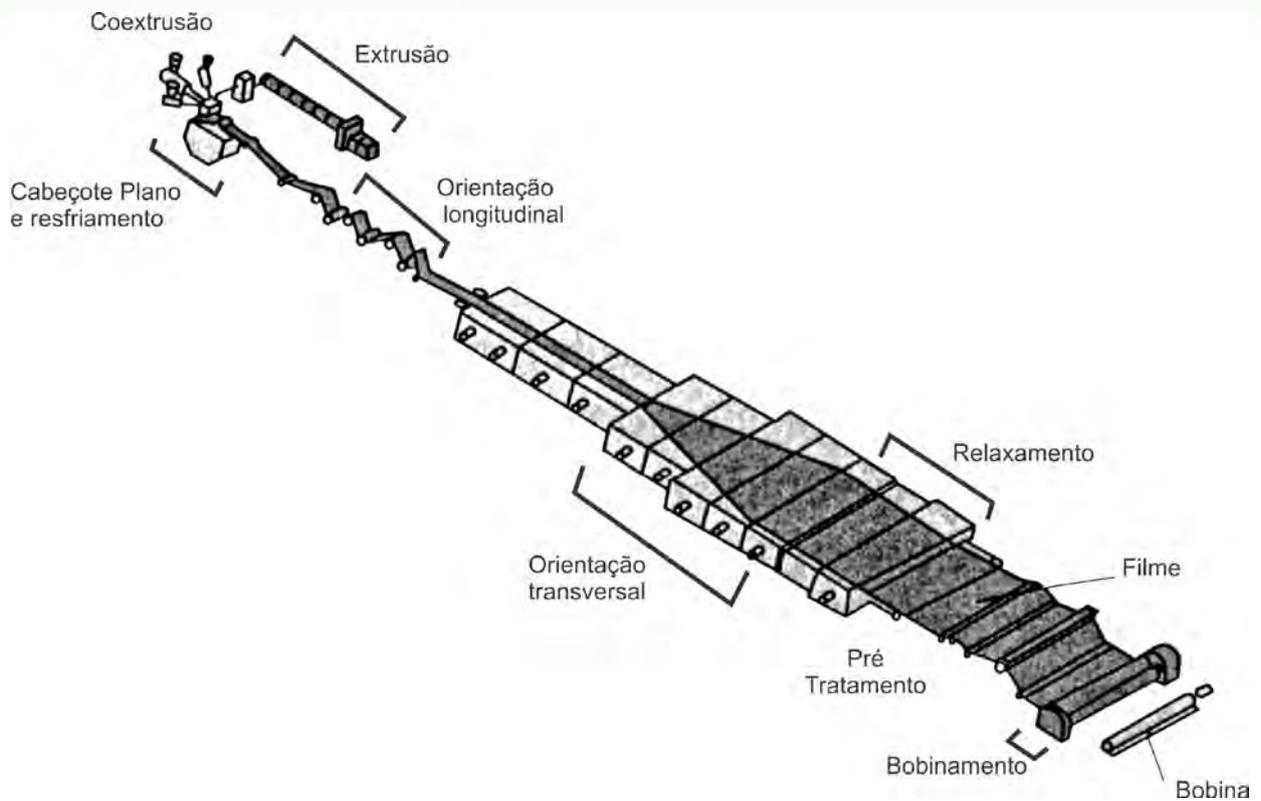


Figura 13 - Fabricação de filme biorientado pelo processo plano

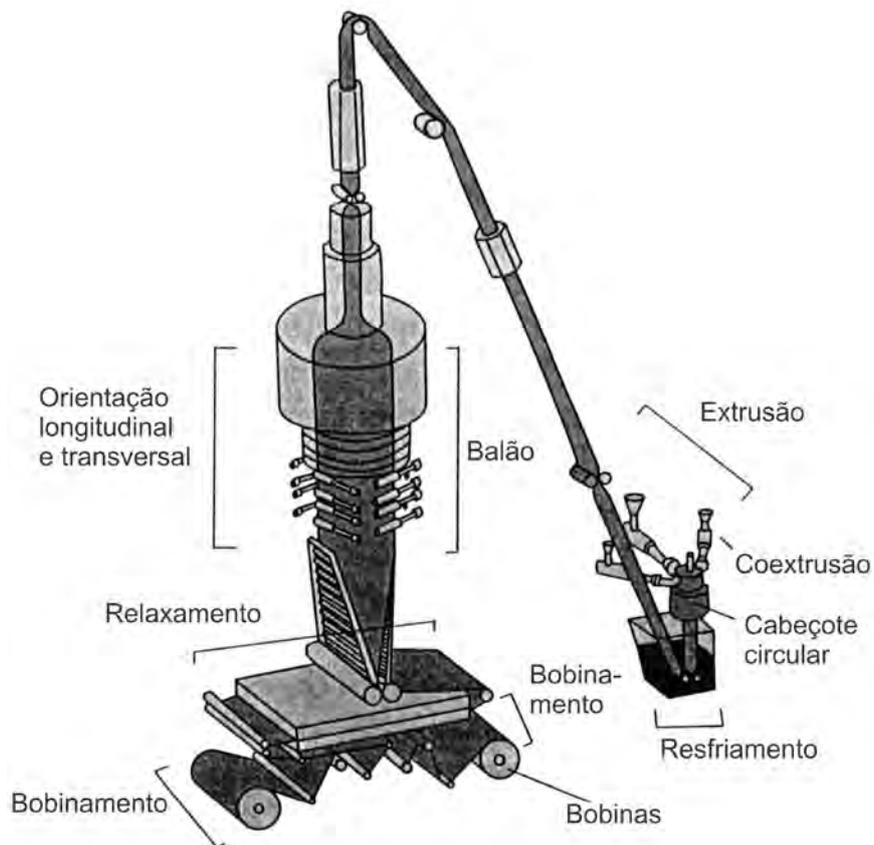


Figura 14 - Fabricação de filme biorientado pelo processo tubular

2.2.5 - Extrusão de chapas



O equipamento para a fabricação de chapas é composto de:

- Extrusora;
- Cabeçote plano;
- Cilindros espelhados;
- Esteira;
- Sistema de arraste;
- Guilhotina.

Os materiais mais empregados para a fabricação de chapas são o PSAl, PP, ABS e PVC. A plastificação do material é feita em uma extrusora convencional, com desgaseificação.

O cabeçote é dotado de resistências de aquecimento em zonas independentes. A espessura da chapa é determinada pela abertura dos lábios da matriz.

O cabeçote para a fabricação de chapas tem como principal característica a distribuição uniforme do material ao longo da matriz.

Os cilindros espelhados são providos de um sistema de circulação de água de refrigeração, o que garante uma uniformidade na temperatura superficial e também confere brilho às chapas.

A esteira atua como um sistema secundário de resfriamento e nela ficam posicionados os demais acessórios, como banho antiestático, facas de corte, medidor de espessura etc.

O sistema de arraste é composto de dois rolos emborrachados, que pressionam as chapas.

A última etapa consiste em uma guilhotina para cortar as chapas nas dimensões desejadas (para chapas finas são utilizadas bobinadeiras).

2.2.6 - Co-extrusão de chapas e filmes

A co-extrusão é um processo no qual duas ou mais extrusoras alimentam um único cabeçote, com o objetivo de obter um produto com materiais de diferentes propriedades.

Os demais componentes do conjunto são idênticos aos do processo de produção de chapas e filmes, já descritos.

2.3 - Processo de sopro



Figura 15 - Máquina sopradora

A moldagem por sopro é um processo usado para a produção de peças ocas, com aplicação em termoplásticos. Uma máquina sopradora pode ser classificada de acordo com sua capacidade nominal (em litros), segundo o volume da peça que é capaz de soprar em sua configuração de máximo desempenho.

O processo básico envolve a produção de uma parison (pré-forma), que é colocada dentro de um molde com a forma da peça a ser produzida.

Injeta-se, então, gás pressurizado (normalmente, ar) dentro da parison aquecida, forçando-o em direção às paredes do molde. A pressão é mantida até o resfriamento e solidificação da peça, para posterior abertura do molde e remoção da peça soprada.



A figura ilustra o processo básico.

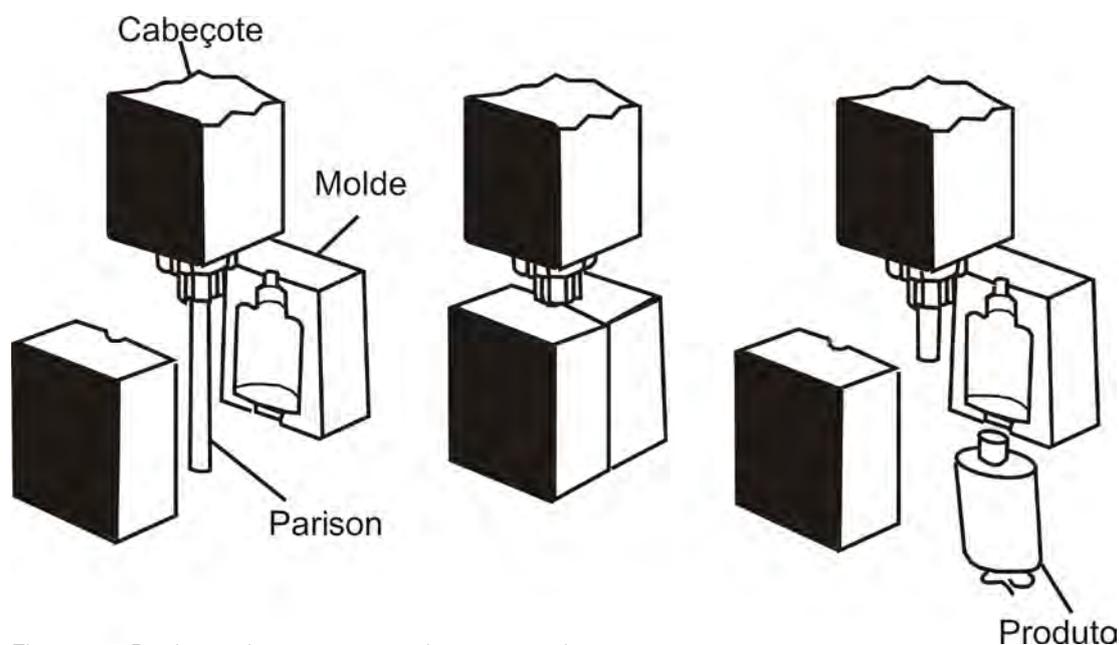


Figura 16 - Produção de peças ocas pelo processo de sopro

2.3.1 - Sopro biorientado

O processo de obtenção de frascos biorientados consiste em orientar as cadeias moleculares do material plástico de modo tal que a peça resista a solicitações maiores que as consideradas normais para sua espessura.

A orientação se dá através do estiramento mecânico axial e radial da pré-forma, a uma temperatura ligeiramente abaixo da temperatura de fusão cristalina, seguida do resfriamento da peça.

2.3.1.1 - Processamento nas operações de sopro biorientado

O material é plastificado e homogeneizado em uma extrusora convencional, a uma temperatura usual para o tipo de polímero empregado.

O material sai pelo cabeçote na forma de um tubo, que é expandido (a uma temperatura de 20°C a 30°C acima da temperatura de transição vítrea do material) e depois resfriado em um molde formador ou pré-forma, sendo transferido para o molde propriamente dito, onde sofre um estiramento axial e radial em temperatura controlada, a fim de se obter frascos com melhores propriedades mecânicas; em seguida ocorre a ejeção do produto.

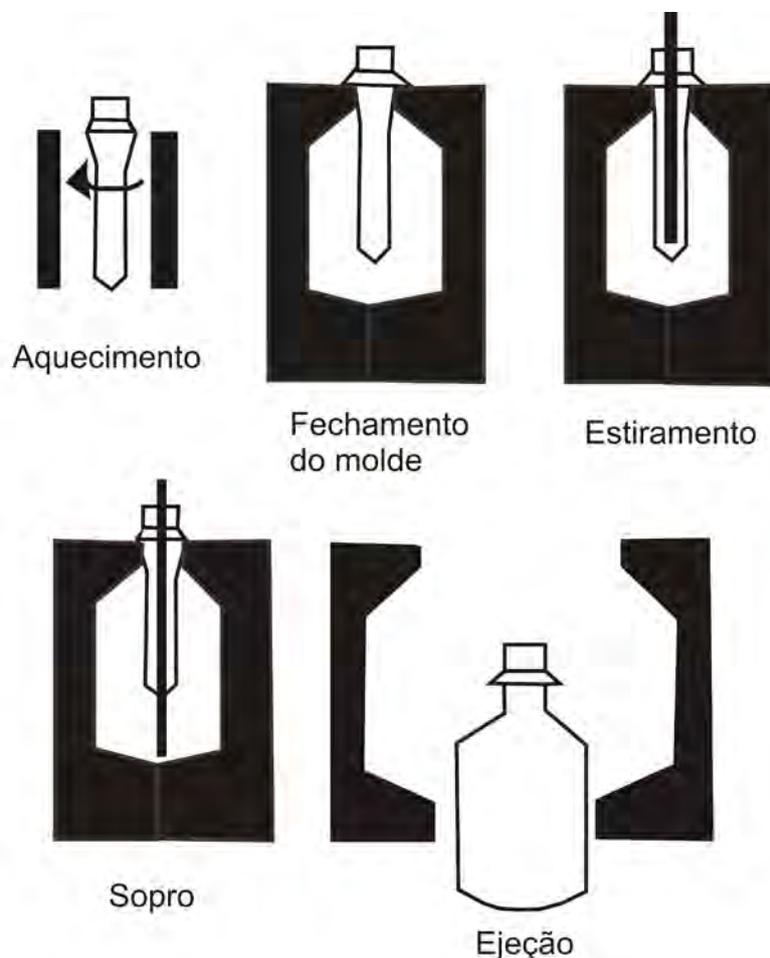


Figura 17 - Sequência de etapas do processo de sopro biorientado

Um frasco biorientado em relação a um não biorientado apresenta as seguintes vantagens:

- Melhor resistência a queda, compressão e pressão interna;
- Menor peso;
- Resistência ao stress cracking (rachaduras por fadiga);
- Menor permeabilidade ao CO₂, O₂ e vapores;
- Maior transparência e brilho.



2.3.2 - Injeção e sopro combinados

O princípio deste processo é o mesmo dos anteriores, porém aliam-se características de dois processos em um só, injeção e sopro.

Na fase 1 ocorre a injeção do material em um molde com várias cavidades, no formato de uma pré-forma.

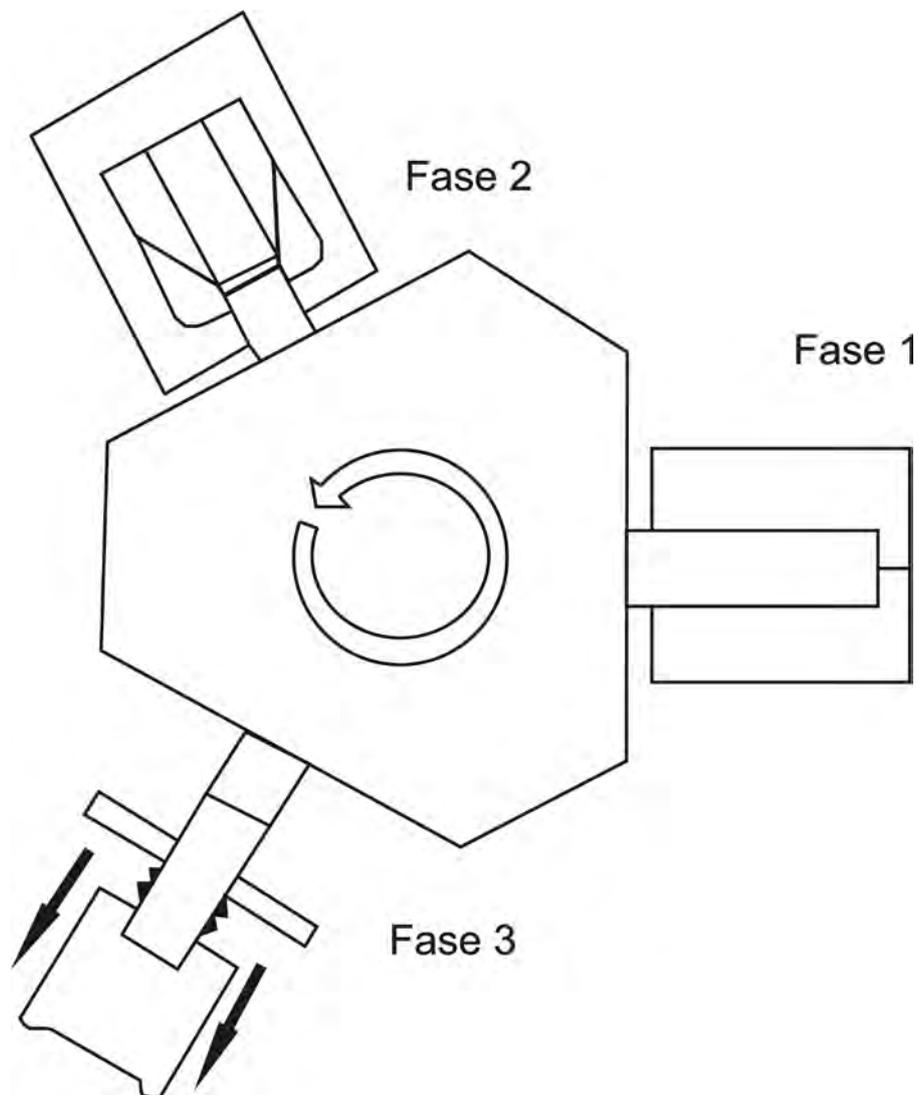


Figura 18 - Carrissel de injeção e sopro

Em seguida há um giro do carrissel, que, na figura acima, ocorre no sentido anti-horário (fase 1); na fase 2 ocorre o sopro, podendo também incluir estiramento mecânico axial; com mais um giro do carrissel, na fase 3 ocorre a ejeção do produto. Todas as 3 fases ocorrem simultaneamente.

2.4 - Processo de rotomoldagem



Figura 19 - Máquina de rotomoldagem

A rotomoldagem ou moldagem rotacional é um processo industrial altamente versátil e que permite ilimitadas possibilidades de projeto, com o benefício adicional de baixos custos e possibilidade de uso para a produção em pequena escala. É utilizado para a produção de peças ocas, como tanques, caixas de água, artigos para playgrounds, peças técnicas, manequins e brinquedos. As principais etapas do processo incluem:

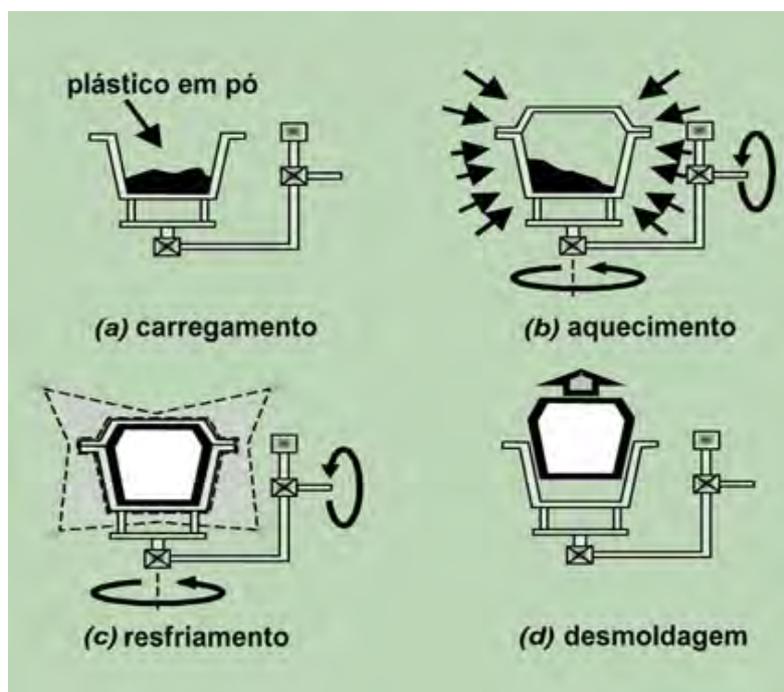


Figura 20 - Processo de rotomoldagem

2.4.1 - Carregamento



Alimentação do molde com uma quantidade de material pré-determinada. Após a alimentação, o molde é fechado com auxílio de grampos ou parafusos, e segue para a próxima etapa.

2.4.2 - Aquecimento

O molde carregado é conduzido para um forno, onde se inicia seu movimento de rotação biaxial resultando em um aquecimento uniforme.

O polímero começará a aderir à superfície do molde. É necessário manter o aquecimento mesmo após a fusão do material, para a retirada de bolhas de ar que possam surgir na peça e resultem em perdas nas propriedades mecânicas, principalmente com relação à resistência ao impacto. A condição ideal de moldagem será alcançada quando a peça apresentar algumas bolhas próximas à superfície interna, sem apresentar degradação termo-oxidativa. Esta condição de moldagem é determinada na prática, por tentativa e erro.

2.4.3 - Resfriamento

O molde, ainda em movimento rotacional, é conduzido para fora do forno até uma “estação” de resfriamento. O resfriamento do molde poderá ocorrer de maneira natural ou forçada. O processo de resfriamento terá grande influência sobre as propriedades mecânicas da peça moldada.

2.4.4 - Desmoldagem

Uma vez resfriados o molde e a peça, o movimento de rotação biaxial é cessado e o conjunto é conduzido para uma estação de desmoldagem. A abertura do molde e a extração da peça são feitas manualmente. Depois da extração, o molde é novamente carregado com mais material e o ciclo recomeça.

2.5 - Processo de termoformação a vácuo



Figura 21 - Termoformação a vácuo

É o processo de moldagem de peças mais complexas, a partir de laminados ou chapas de material termoplástico (obtidos por extrusão ou calandragem).

A chapa é amolecida por aquecimento (por irradiação); a fonte de calor pode ser constituída de resistências elétricas, lâmpadas infravermelhas ou fluxo de ar quente.

A moldagem ocorre em uma matriz submetida a vácuo, que elimina o ar existente entre a chapa e o molde, de modo a permitir que a pressão atmosférica force a chapa amolecida contra o mesmo.

O resfriamento do produto é feito no próprio molde, com auxílio de ventiladores ou ar comprimido. Uma vez resfriado o material, extrai-se a peça do molde e recortam-se as rebarbas com dispositivos previamente preparados.

Quando se utiliza máquinas controladas automaticamente, essas são providas de temporizadores, que controlam os ciclos de aquecimento, vácuo e resfriamento.

Para determinados tipos de produtos, essa técnica oferece algumas vantagens sobre outras tecnologias, pois envolve moldes mais baratos e de construção mais simples, que podem ser elaborados com diferentes tipos de materiais, dependendo do número de peças a serem moldadas e da qualidade final desejada do produto. Os mais empregados são: madeira, gesso, alumínio, bronze e as resinas fenólicas.

2.6 - Processos de transformação para peças em polímeros termofixos



2.6.1 - Processo de injeção

Normalmente, os materiais termofixos são moldados por compressão ou transferência. Porém, o processo de injeção de peças em termofixos permite obter ciclos de moldagem mais rápidos, pois nele dispensam-se as operações necessárias à compressão e é possível a obtenção de formatos complexos, o que não seria possível por outros métodos de moldagem.

2.6.2 - Máquinas para injeção de termofixos

As máquinas para injeção de termofixos devem ser construídas de modo a expulsar totalmente o material do cilindro ao final de cada ciclo. O cilindro das máquinas injetoras para termofixos é construído para ser mais resistente ao desgaste (que, na maioria das vezes, ocorre em sua extremidade final). Um cilindro desgastado pode ser recuperado com a adição de uma bucha postiça, facilmente recambiável, sobre a parte afetada.

As roscas usadas para esse tipo de moldagem servem unicamente para o transporte de material e têm relação de compressão 1:1, oferecendo boa plastificação com pouco calor de fricção.

Para trabalhos com polímeros especiais, que necessitem maiores valores de calor de fricção, são utilizadas roscas com relações de compressão ligeiramente maiores, de 1,05 a 1,2:1. Para uma maior capacidade de dosagem no caso de materiais que possuam cargas fibrosas obtém-se excelentes resultados com as chamadas roscas descompressoras, com relações de compressão de 0,7 a 0,8:1, com as quais se obtém uma plastificação menos intensa.

Os moldes para injeção de termofixos são semelhantes aos utilizados para materiais termoplásticos, porém possuem um sistema de aquecimento adicional, que deverá ser posicionado de maneira a se obter uma temperatura uniforme em toda a área do molde.

2.7 - Moldagem por compressão

O molde, em duas partes, é montado em uma prensa, normalmente hidráulica, e aquecido à temperatura específica para o serviço, que dependerá das características do material a ser moldado. Com a prensa aberta, deposita-se o material de moldagem, sobre a cavidade do molde inferior. A prensa é acionada, de maneira que os moldes se encaixem suavemente, aumentando progressivamente a pressão exercida sobre o material a moldar.

Na moldagem de peças de grande porte, é usual introduzir-se uma etapa em que se diminui momentaneamente a pressão, para em seguida voltar a aplicá-la, liberando os gases que, porventura, tenham permanecido aprisionados no material em moldagem, reduzindo a tendência à formação de bolhas e também o tempo de cura.

Uma vez o material curado, a prensa é acionada, abre-se o molde e o moldado é extraído.

A automatização do processo, mesmo que parcial, justifica-se em termos da regularização dos ciclos de moldagem, da uniformização da qualidade dos moldados e da economia com mão de obra.

2.8 - Moldagem por transferência

As limitações do processo de moldagem por compressão podem ser mais satisfatoriamente contornadas utilizando-se uma variante do mesmo, conhecida como processo de moldagem por transferência. Ele consiste, essencialmente, em forçar a passagem do material termofixo por meio de um êmbolo, de uma cavidade de carga, ou panela, através de um canal alimentador, até uma cavidade de moldagem aquecida.

Esse processo, diferentemente da moldagem por compressão, introduz no molde o material em condição de fluidez máxima, que lhe permite, mediante pressão, penetrar e preencher cada reentrância do molde, sem forçar excessivamente as regiões de insertos e saliências. Também uniformiza a temperatura e elimina as diferenças no estado de cura em regiões de paredes delgadas ou espessas. Tem-se, ainda, menores solicitações sobre as zonas críticas do molde, menores tempos de cura e ciclos de moldagem mais curtos, resultando na produção de moldados de melhor qualidade, principalmente em peças de geometria complexa.



3 - Reciclagem



3 - Reciclagem

A NBR 15792:2010 define alguns termos importantes na reciclagem, entre eles:

Reciclagem: é o reprocessamento, em um novo processo de produção, dos resíduos de materiais para o fim inicial ou para outros fins, mas não incluindo a revalorização energética e a orgânica.

Processo de reciclagem: é a conversão de embalagens pós-consumo e/ou aparas de conversão industrial, separadas e coletadas, em um produto ou matéria-prima secundária.

Matéria-prima secundária: material recuperado de produtos pós-consumo e/ou aparas de conversão industrial para uso como matéria-prima, com exceção da apara decorrente do processo de produção primária (apara interna de produção industrial).

Apara interna de produção industrial: materiais de seleção/retrabalho, rerituração ou rebarba/sucata, capazes de serem reaproveitados dentro do mesmo processo que os gerou (planta industrial).

Apara de conversão industrial = material pré-consumo: material desviado do fluxo de resíduos durante um processo de manufatura. Exclui-se a reutilização de materiais, tais como retrabalho, rerituração ou sucata, gerados em um processo e capazes de serem reaproveitados dentro do mesmo processo que os gerou.

Material pós-consumo: material gerado por domicílios ou por instalações comerciais, industriais e institucionais como usuários finais do produto, que já não pode mais ser usado para o fim ao qual se destina. Isto inclui devoluções de material da cadeia de distribuição.

Vantagens da reciclagem:

Todos os processos de reciclagem de plásticos evitam a sua disposição em aterros sanitários, minimizando o problema da falta de espaço, principalmente nas grandes cidades, com reflexos positivos sobre os aspectos ambientais da cadeia. Ao voltar para o ciclo produtivo, este material gera economia de recursos naturais, de energia elétrica e de água consumidos na produção de matérias-primas virgens.

Práticas de reciclagem energética ou química apenas deverão ser adotadas após esgotadas todas as possibilidades de reciclagem mecânica.

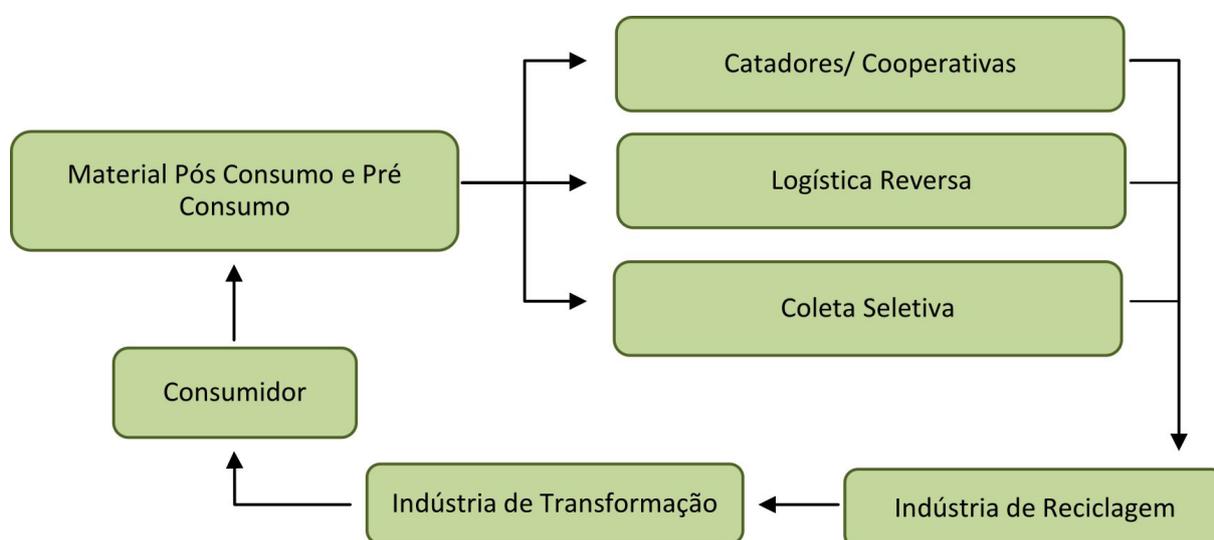


Figura 22 - Fluxo da logística reversa aplicado à cadeia de plásticos

3.1 - Reciclagem mecânica

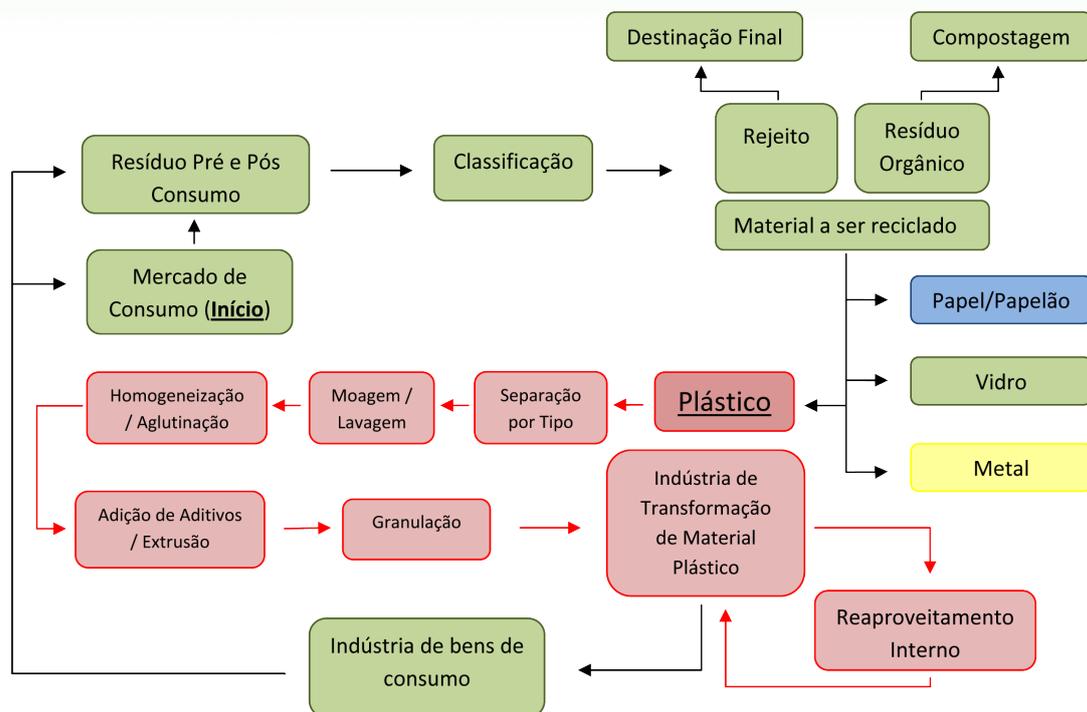


Figura 23 - Fluxo de reciclagem

Basicamente, existem duas fontes de materiais para a reciclagem mecânica de materiais plásticos: pós-consumo doméstico ou industrial.

A reciclagem mecânica consiste na conversão dos descartes plásticos em grânulos, que podem então ser reutilizados pelo setor produtivo na confecção de outros produtos.

Os processos de reciclagem são semelhantes, apenas diferindo na fonte da matéria-prima, a saber:

- Pós-consumo

Materiais provenientes de resíduos gerados no consumo doméstico ou comercial, (embalagens, produtos plásticos descartados etc.) adquiridos de cooperativas de catadores, postos de entrega voluntária, coleta seletiva etc.



Figura 24 - Pós-consumo de material plástico

- Pré-consumo



Materiais provenientes das indústrias petroquímicas (borras e material resultante da limpeza dos reatores) e de transformação, inclusive borras (resíduo plástico descartado por ocasião da retomada do processo de produção, trocas de matéria-prima ou limpeza de cilindros), aparas, refugos, varrição de fábrica, embalagens etc. – adquiridos diretamente da indústria ou de empresas terceirizadas de coleta de resíduos.



Figura 25 - Pré-consumo de material plástico

- Separação

A separação do material tem grande importância para o sucesso e qualidade do material reciclado, já que a contaminação deste por tipos de plásticos incompatíveis entre si pode prejudicar a qualidade do produto final.



Figura 26 - Central de triagem de resíduos

Quando se trata de material oriundo do pós-consumo, a separação é realizada na cooperativa de catadores ou por funcionários da empresa de reciclagem. Normalmente isso se faz sobre uma esteira transportadora, na qual os diferentes tipos de plásticos a serem reciclados serão segregados dos demais resíduos.

O material é selecionado por tipo e, como forma de agregar valor, pode ainda haver a separação de produtos de acordo com sua cor ou com o processo ao qual ele se destinará (injeção, sopro, extrusão etc.).

Produtos com componentes feitos de mais de um tipo de plástico, como garrafas, rótulos e tampas também são separados

No caso dos materiais oriundos do pré-consumo a separação é simplificada, pois o material não possui muitos contaminantes e pode vir já separado do processo onde foi gerado.

Identificação dos materiais plásticos - consiste na identificação das resinas ou compostos presentes no material a reciclar, o que pode ser feito através dos símbolos que identificam os diversos tipos de resinas plásticas, conforme descrito na norma ABNT NBR 13230 Embalagens e acondicionamentos plásticos recicláveis - Identificação e simbologia, que padroniza os símbolos que identificam os diversos tipos de resinas plásticas utilizadas.

Os tipos são classificados por números, a saber:



 <p>PET</p>	<p>Poli(tereftalato de etileno) - PET</p> <p>Os plásticos de PET são transparentes, inquebráveis, impermeáveis e leves. O PET é utilizado, principalmente, na fabricação de embalagens para produtos alimentícios, como água, bebidas carbonatadas, óleos e sucos, produtos de limpeza, cosméticos e farmacêuticos. Também está presente em bandejas termoformadas filmes metalizados, fibras têxteis, entre outros.</p>
 <p>PEAD</p>	<p>Polietileno de alta densidade - PEAD</p> <p>Embalagens para alimentos, produtos têxteis, cosméticos e são produzidas a partir do polietileno de alta densidade. Resistente a baixas temperaturas, leve, impermeável, rígido e com resistência química e mecânica, o PEAD também é usado na fabricação de tampas de refrigerante, potes para freezer, brinquedos, eletrodomésticos, escovas e cerdas de vassoura, engradados e caixas plásticas, sacarias (revestimento e impermeabilização), entre outros.</p>
 <p>V ou PVC</p>	<p>Poli(cloreto de vinila) – PVC</p> <p>Por suas características como rigidez, impermeabilidade e resistência à temperatura, são usados principalmente em tubos, conexões, cabos elétricos e materiais de construção, como janelas, portas, forros e esquadrias. O PVC também pode ser aplicado na fabricação de brinquedos, alguns tipos de tecido, chinelos, cartões de crédito, tubos para máquinas de lavar roupa, filmes esticáveis, frascos para cosméticos, rótulos e selos termoencolhíveis</p>
 <p>PEBD</p>	<p>Polietileno de baixa densidade - PEBD e Polietileno linear de baixa densidade - PELBD</p> <p>São flexíveis, leves e transparentes. O polietileno de baixa densidade (PEBD) é utilizado na produção de filmes termoencolhíveis ou termocontráteis, como fios e cabos para televisão e telefone, filmes de uso geral, sacaria industrial, tubos de irrigação, mangueiras, embalagens flexíveis, impermeabilização de papel, camada selante em estruturas cartonadas (embalagens longa vida), entre outros. O polietileno linear de baixa densidade (PELBD) é aplicado, principalmente, na produção de embalagens de alimentos, fraldas, absorventes higiênicos e na sacaria industrial.</p>
 <p>PP</p>	<p>Polipropileno - PP</p> <p>Embalagens para alimentos, produtos têxteis e cosméticos, tampas de refrigerante, copos descartáveis, potes para freezer e garrações de água mineral são alguns dos produtos fabricados com polipropileno. O material também é utilizado em produtos hospitalares descartáveis, tubos para água quente, autopeças, fibras para tapetes, entre outros, a exemplo de não tecidos e rafia e demais itens que devam ser resistentes a mudanças de temperatura, brilhantes e rígidos.</p>
 <p>PS</p>	<p>Poliestireno - PS</p> <p>Entre os produtos fabricados com o poliestireno estão os copos descartáveis, eletrodomésticos, produtos para construção civil, autopeças, potes para iogurte, sorvete e doces. O PS expandido também está presente nas bandejas de supermercados, pratos, tampas, aparelhos de barbear descartáveis, brinquedos etc. As principais características do PS são a rigidez e a leveza.</p>
 <p>OUTROS</p>	<p>Demais polímeros</p>

Figura 27 - Números identificadores de material plástico

Fonte: ABIQUIM - Associação Brasileira da Indústria Química; adaptado pelo SINDIPLAST

Para caracterização de um polímero, também é possível realizar o teste de queima da amostra .

Para fins de comparação das características, recomenda-se a queima de uma amostra de composição já conhecida.

Resina	Teste de chama e comportamento do polímero
ABS	Amarela, crepita ao queimar, fumaça fuliginosa. Amolece e pinga
Acetato butirato de celulose	Azul faiscando. Incendeia
Acetato de celulose	Amarela. Incendeia
PA 6 (nylon)	Azul e vértice amarelo, centelhas. Difícil de queimar. Formam fibras e bolinhas na ponta
PA 6.10 (nylon)	Idem ao PA 6
PA 6.6 (nylon)	Idem ao PA 6
PA 11 (nylon)	Idem ao PA 6
PEAD	Azul, vértice amarelo. Pinga como vela
PEBD	Azul, vértice amarelo. Pinga como vela
Poli (metacrilato de metila)	Queima lentamente, mantendo chama amarela em cima e azul embaixo. Amolece e quase não apresenta carbonização. Não pinga.
Poliacetal	Azul, quase invisível, sem fumaça, emite centelhas. Cuidado ao cheirar
Policarbonato	Decompõe-se, fumaça fuliginosa com brilho. Chama auto-extinguível
Poliuretanos	Bastante fumaça
PP	Azul, vértice amarelo. Pinga como vela
PS	Amarela, crepita ao queimar, fumaça fuliginosa. Amolece e pinga
PTFE (Teflon)	Carvão residual. Queima com dificuldade
PVC flexível	Amarela, vértice verde. Chama auto-extinguível
PVC rígido	Amarela, vértice verde. Chama auto-extinguível
SAN	Amarela, crepita ao queimar, fumaça pouco fuliginosa. Amolece. Borbulha estireno

Figura 28 - Teste de chama

Fonte: Reciclagem do Plástico - Ana Magda Piva e Hélio Wiebeck (adaptado por Sindiplast).

É necessária a adoção de procedimentos de segurança para realização deste experimento, os fumos provenientes da queima não deverão ser inalados; a amostra deverá ser queimada longe dos demais materiais, de modo a evitar a propagação de fogo. Após os testes, verificar se o fogo foi realmente extinto.



Outros métodos de classificação

Classificação por densidade

A identificação por densidade é muito utilizada para lotes de materiais não identificados.

O método consiste no emprego de diversas soluções aquosas de diferentes densidades. Para soluções de densidade abaixo de $1,0 \text{ g/cm}^3$ são utilizadas misturas com álcool etílico; para densidade acima de $1,0 \text{ g/cm}^3$ são adicionados à água cloreto de sódio (sal de cozinha) ou cloreto de cálcio (CaCl_2).

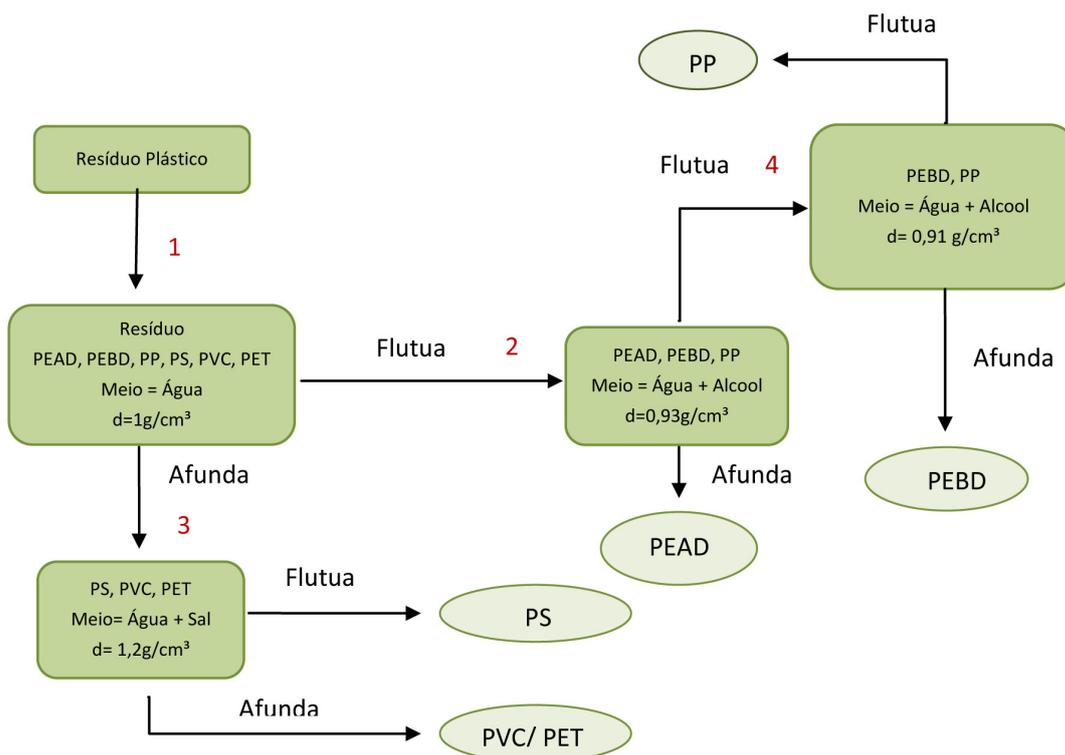


Figura 29 - Método de identificação de resinas plásticas por densidade

Fonte: Reciclagem do Plástico Ana Magda Piva e Hélio Wiebeck (adaptado por SINDIPLAST)

Para a correta aferição de densidade utilizam-se densímetros quando a densidade for superior a 1 g/cm^3 e alcoômetros quando a densidade for inferior a esse valor.

Identificação por dobra

Para a diferenciação de componentes em resinas como PP, PS e PVC, pode-se usar o método da dobra, em que o material após ser dobrado apresenta uma marca esbranquiçada. O PP não quebra com facilidade, porém os demais sim, pois possuem baixa elasticidade.

Identificação de filmes por som

Os filmes de PP, PEAD e celofane, ao serem apertados ou amassados, emitem um som estridente de papel celofane. Já os filmes de PEBD, PELBD e PVC não emitem o mesmo som quando amassados ou apertados.

Recomendação

Recomenda-se que mais de um tipo de teste seja efetuado, de modo a garantir um resultado correto.

Testes Laboratoriais

Existem, ainda, os testes laboratoriais de caracterização de polímeros, tais como:

- Análise Térmica Diferencial (ATD)
- Calorimetria Diferencial de Varredura (DSC)
- Espectroscopia por Infravermelho

Moagem

Depois de separados, os plásticos são levados ao moinho, onde são fragmentados em pequenas partes, podendo ser lavados em um tanque com água, quando necessário, para a retirada dos contaminantes.

É necessário que essa água receba um tratamento para a sua reutilização ou emissão como efluente.



Figura 30 - Moagem

- **Homogeneização (mistura)**

Nesta etapa é retirado (em secador) o excesso de água do material. Para a homogeneização das partículas são utilizados misturadores dotados de resistências elétricas, o que traz grande produtividade ao processo. São adicionados materiais de diferentes classificações (fluidez), para se homogeneizar e aquecer o material.

- **Aglutinação²**

No aglutinador, além de completar-se a secagem, o material é compactado, reduzindo-se o volume que será enviado à extrusora.



Figura 31 - Aglutinação

². Esta etapa é comum quando o material a ser recuperado se encontra em forma de filmes e fibras. Para peças maciças, ela não é necessária.



O atrito dos fragmentos contra a parede do equipamento provoca a elevação de sua temperatura, levando a formação de uma massa plástica.

Nesta fase, o material receberá as adições de pigmentos, cargas e demais aditivos necessários, de modo a atender a especificação do produto.

• Extrusão

Opera de modo análogo à que é usada para processos de transformação, em máquina extrusora. Através desse processo também se obtém a homogeneização e dispersão dos pigmentos, cargas e aditivos, a fim de se obter um produto com as características requisitadas. O cabeçote forma um ou vários “espaguetes” contínuos, que são resfriados em banhos em circuito fechado e sistema de recirculação de água. As únicas perdas ocorrem por evaporação ou eventuais respingos.



Figura 32 - Extrusão

• Granulação

Em seguida, o “espagete” é fragmentado em um granulador, sendo transformado em pellets (grãos plásticos). É possível utilizar-se duas técnicas diferentes:

Granulação por corte na cabeça: utiliza um dispositivo adaptado ao próprio cabeçote da máquina extrusora, que funciona como uma “matriz”, que determina a granulometria, e uma tela que filtra o material, retirando impurezas. O material é então resfriado em água e levado a um “secador” que, por centrifugação, separa os grânulos.



Figura 33 - Granulação por corte na cabeça

Granulação com rotor e contra-facas: é realizada por “arraste” dos “cordões” (espaguetes) que saem da banheira de água para resfriamento e para uma matriz com rotor de corte que os fragmenta de acordo com sua velocidade, podendo-se obter pellets de diferentes tamanhos.



Figura 34 - Granulação com rotor de contra-facas

Se durante a extrusão houver a geração de resíduos (refugos), estes poderão ser retornados ao processo de reciclagem.

3.2 - Alternativas para a reciclagem dos plásticos termofixos



Os termofixos estão presentes em peças como telhas transparentes, material da cobertura de telefones públicos (orelhões) e em inúmeras peças utilizadas na mecânica em geral, especialmente na indústria automobilística. Embora não possam ser novamente moldados, eles, ainda assim, poderão ser reutilizados, depois de moídos, na elaboração de outros artefatos, ou incorporados às composições de outros plásticos. Como exemplo de termofixos temos a melamina-formaldeído, ureia-formaldeído, poliuretano, poliéster insaturado, resina epóxi, silicone e outros.

Exemplo da utilização de baquelite em peças de PVC

A baquelite, um polímero tridimensional, é o mais antigo polímero de uso industrial (1909) e se presta muito bem à fabricação de objetos moldados, tais como cabos de painéis, tomadas, plugues, além de ser utilizada na fabricação de tintas, vernizes, colas para madeira etc.

A incorporação de sucata de baquelite (termofixo), já reticulado e micronizado, como carga na fabricação de compostos de PVC (temoplástico), tem como objetivo reduzir os seus impactos ambientais e viabilizar o campo de aplicação desses resíduos no mercado de produtos plásticos .

Mais recentemente, também têm sido realizadas pesquisas para avaliar as opções de reciclagem de plásticos reforçados com compostos termofixos (como fibra de vidro e resina epoxi), através de sua incorporação ao cimento portland (como substituto parcial para o cascalho) na elaboração de peças em concreto. Os primeiros estudos, realizados com resíduo de uma fabricante de aerogeradores da região de Sorocaba , demonstraram que, apesar de haver certa perda da resistência mecânica, as peças resultantes são mais leves e apresentam propriedades aceitáveis para a fabricação de partes em concreto não estrutural.

3.3 - Reciclagem de poliestireno expandido - “Isopor”

EPS é a sigla internacional usada para identificar o poliestireno expandido. No Brasil, ele é mais conhecido como “Isopor”, marca registrada pela Knauf Isopor Ltda., que designa comercialmente os produtos de poliestireno expandido comercializados pela empresa.

O EPS é um plástico celular rígido, resultante da polimerização do estireno em água. Como agente expensor para a transformação do EPS, emprega-se o pentano. Uma vez que se conte com uma infraestrutura eficiente de coleta e reciclagem, os resíduos pós-uso de EPS são 100% reaproveitáveis e recicláveis e podem voltar a condição de matéria-prima.

- Aplicações Gerais do EPS

As principais aplicações do EPS estão listadas a seguir:

Caixas térmicas para acondicionamento de bebidas e alimentos; capacetes; embalagens multiuso; peças para armazenamento de eletrodomésticos; na agricultura (bandejas para transporte de mudas, frutas e verduras ou no isolamento térmico em estufas); no artesanato (esculturas e réplicas, artigos para festas) e outros.

A reciclagem é realizada em diversas etapas, listadas a seguir:

1) “Quebra” do isopor em pedaços menores (forma correta para melhoria da reciclagem e ocupação do espaço).

2) Aglutinação do material, através de exposição a calor e atrito.

A máquina redutora de EPS retira o gás do material



Figura 35 - Máquina redutora de EPS

Fonte: http://www.plastivida.org.br/2009/images/noticias/Isopor_reciclado3.jpg

3) Já bastante adensado, o material é colocado na extrusora, onde é submetido a novo aquecimento, em temperaturas controladas, até sua fusão (mas evitando-se a queima).

4) Nesse estado, o isopor é homogeneizado e transformado em filetes, na forma de “espaguete”.

5) Depois de resfriados e secos, os filetes passam por uma máquina de granulação, que transforma o poliestireno em grânulos.

Após essas etapas do processo de reutilização, o material está pronto para ser reutilizado para produção de peças de diversos formatos.

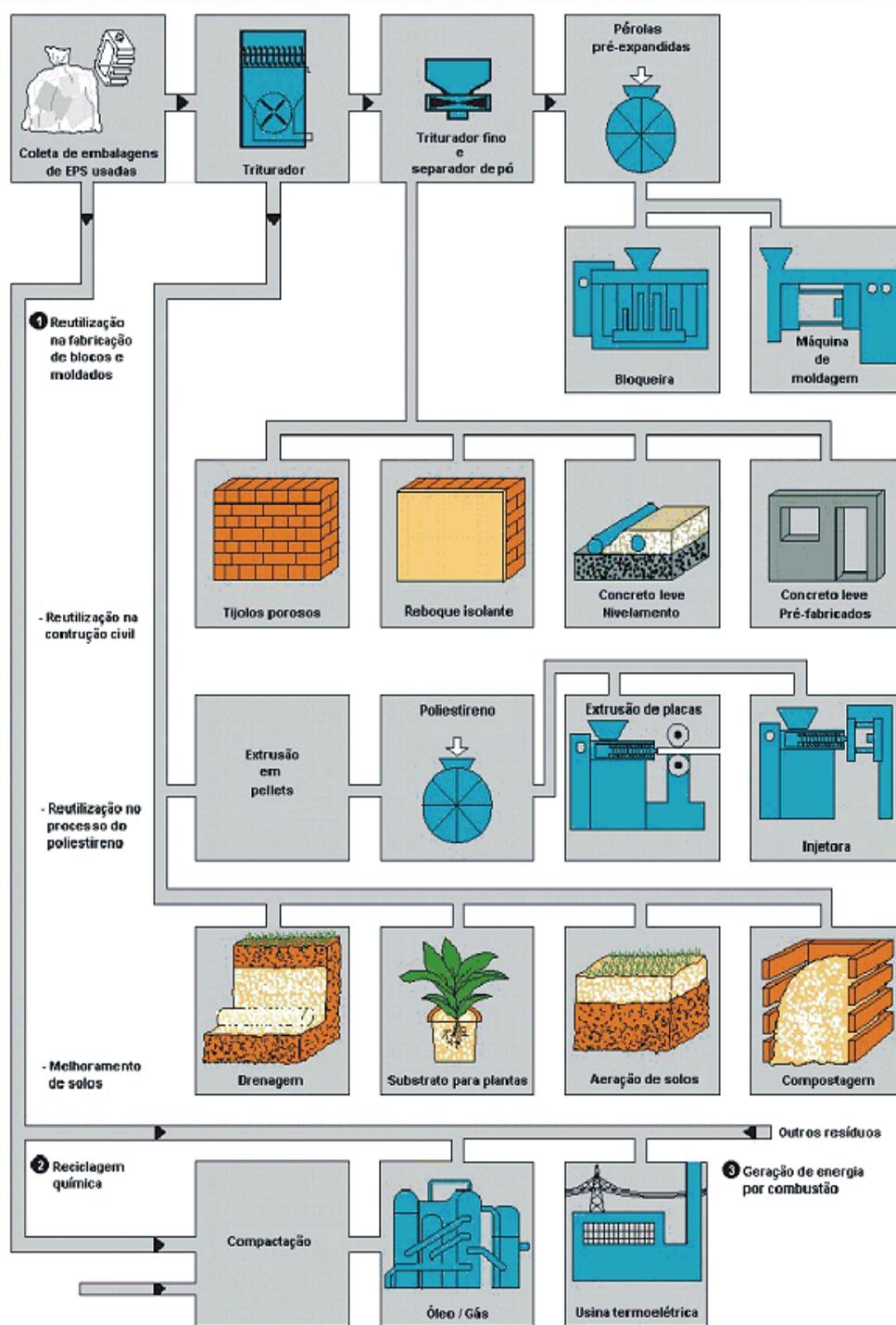


Figura 36 - Alternativas para reciclagem do EPS
 Fonte: <http://www.abrapex.com.br>. Acesso 31.jan.2009.

3.4 - Reciclagem energética

É a recuperação da energia contida nos plásticos, através de processos térmicos. É recomendada somente após o esgotamento de todas as alternativas de reciclagem mecânica, para aqueles resíduos que não poderão mais ser reutilizados, seja por inviabilidade econômica ou técnica.

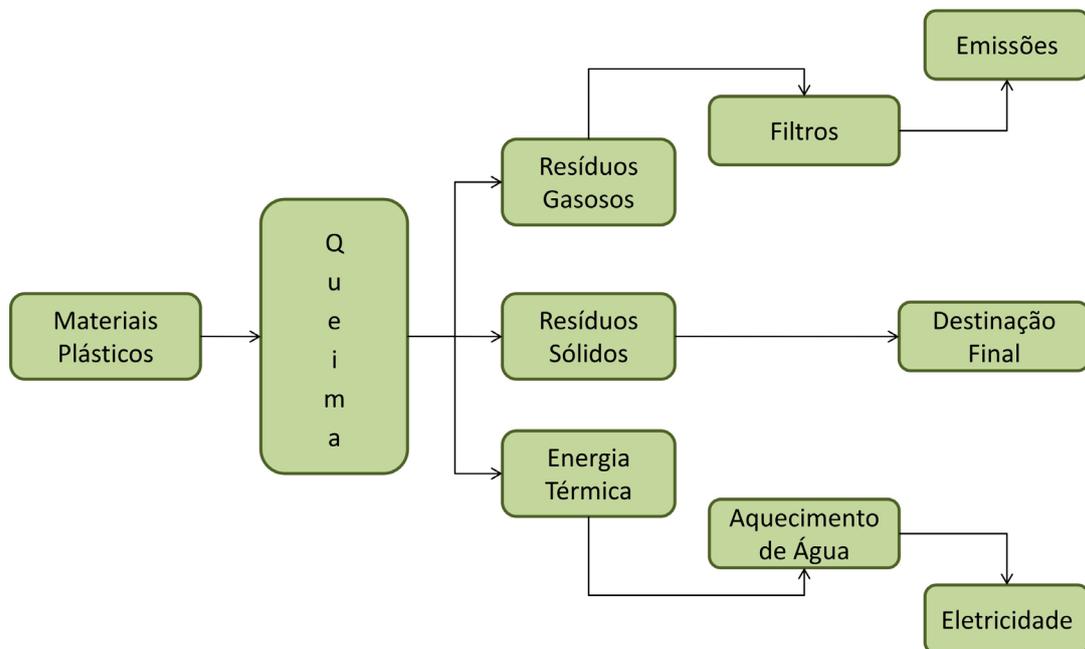


Figura 38 - Fluxograma do processo de reciclagem energética

3.5 - Reciclagem química



A reciclagem química reprocessa plásticos, transformando-os novamente em petroquímicos básicos: monômeros ou misturas de hidrocarbonetos, que servem como matéria-prima para refinarias ou centrais petroquímicas, para obtenção de produtos nobres, de alta qualidade.

O objetivo é a recuperação dos componentes químicos individuais para utilizá-los na fabricação de produtos químicos ou para a produção de novos plásticos.

O processo permite, ainda, reciclar misturas de plásticos, reduzindo os custos com pré-tratamento, coleta e seleção. Além disso, a reciclagem química permite a produção de plásticos novos com a mesma qualidade de artefatos produzidos com polímeros virgem.

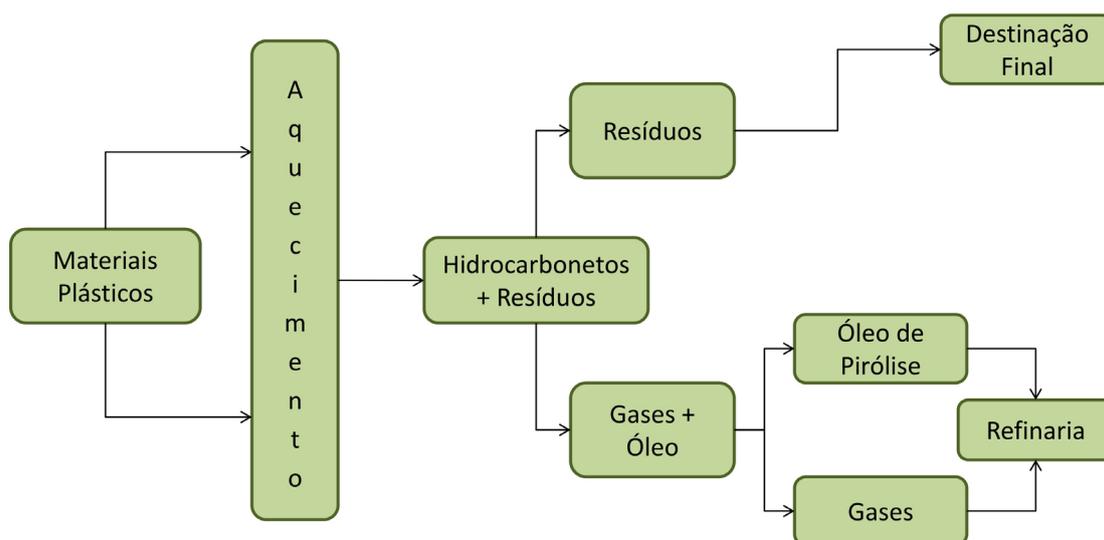


Figura 39 - Fluxograma do processo de reciclagem energética

4 - Aspectos e impactos ambientais

4 - Aspectos e impactos ambientais



A norma ABNT NBR ISO 14001:2004 define aspectos e impactos ambientais da seguinte maneira:

- Aspecto ambiental: elemento das atividades, produtos ou serviços de uma organização, que podem interagir com o meio ambiente.
- Impacto ambiental: qualquer modificação no meio ambiente, adversa ou benéfica, que resulte, no todo ou em parte, dos aspectos ambientais da organização.

Para exemplificar esses dois conceitos distintos, pode-se considerar a geração de um efluente industrial como um aspecto ambiental e a poluição da água resultante de um lançamento, como o impacto ambiental consequente.

Nem sempre um determinado aspecto ambiental se configura como poluição. De acordo com a legislação ambiental (particularmente a Lei 6.938/81 e a Resolução CONAMA 237/97, que definem poluição, degradação ambiental ou empreendimentos/atividades que exijam estudo de impacto ambiental), considera-se, por exemplo, que um determinado efluente que atenda os padrões de emissão e qualidade dos corpos d'água não causa impacto ambiental nem poluição. Caso o mesmo não atenda estas disposições legais, será considerado poluidor e poderá causar grandes consequências e ter impacto ambiental.

Assim como em outros setores da indústria de transformação, o processo gera uma grande quantidade de resíduos, porém, no caso dos termoplásticos, existe a vantagem da possibilidade de pronto reuso de aparas e refugos gerados na própria linha de produção, sem a necessidade de processos complexos para viabilizar esse reuso. A seguir serão tratados os principais aspectos ambientais da indústria de transformação do material plástico (seus efeitos são apresentados resumidamente na tabela).

- Consumo de água;
- Consumo de energia elétrica;
- Consumo de matéria-prima de origem fóssil;
- Geração de resíduos sólidos;
- Geração de efluentes líquidos;
- Geração de gases.

Preparação de Matéria-prima / Produção

Aspecto	Impacto*
Consumo de recursos naturais não renováveis - matéria-prima/aditivos	Esgotamento de recursos naturais não renováveis
Consumo de recursos naturais não renováveis - óleo	Esgotamento de recursos naturais não renováveis
Consumo de recursos naturais renováveis - energia elétrica	Comprometimento das fontes de energia renovável
Consumo de recursos naturais renováveis - água	Comprometimento das fontes de recursos naturais renováveis
Consumo de recursos naturais renováveis - ar comprimido	Comprometimento das fontes de recursos naturais renováveis
Efluentes industriais - água contaminada com matéria-prima	Contaminação das águas superficiais e subterrâneas
Emissões gasosas - queima da matéria-prima (refugos, telas etc.)	Poluição da atmosfera – eventual geração de Poluentes Orgânicos
Emissões de CO/CO2 - empilhadeiras	Poluição da atmosfera / mudanças climáticas
Emissões de material particulado (ex: resinas, insumos em pó, gases de combustão); degasagem (misturador)	Poluição da atmosfera
Resíduos sólidos contaminados - resíduos de embalagens (ex: big bags / sacarias de matéria-prima utilizada)	Contaminação do solo
Resíduos sólidos contaminados EPIs usados	Contaminação do solo
Resíduos sólidos contaminados pano/papel (matéria-prima) danificados	Contaminação do solo
Resíduos sólidos contaminados ou não - papel/papelão	Contaminação do solo
Resíduos sólidos contaminados ou não ferramental ou peças de reposição danificadas	Contaminação do solo
Resíduos sólidos contaminados - toalhas industriais óleo/graxa /solventes/tintas/ produtos químicos	Contaminação do solo
Resíduos sólidos contaminados - uniformes usados	Contaminação do solo
Resíduos sólidos não contaminados - pallets de madeira	Contaminação do solo
Ruído - ondas sonoras – trânsito de empilhadeiras e máquinas	Incômodo ao entorno
Ruído - ondas sonoras - equipamentos elétricos	Incômodo ao entorno
Vazamentos ou derramamentos de matéria-prima	Contaminação das águas e do solo
Vazamentos ou derramamentos de tintas/solventes	Contaminação das águas e do solo
Vazamentos ou derramamentos de água	Comprometimento de recursos naturais renováveis
Vazamentos ou derramamentos de óleo	Contaminação das águas e do solo
Resíduos sólidos não contaminados - canais de injeção/rebarbas/peças danificadas	Contaminação do solo
Resíduos sólidos contaminados - embalagens de solventes/tintas	Contaminação das águas e do solo
Resíduos sólidos contaminados - fitas adesivas danificadas	Contaminação do solo

Figura 40 - Principais aspectos e impactos ambientais nos processos mais comuns de transformação de materiais plásticos.

* Quando os aspectos não forem controlados de forma adequada

4.1 - Consumo de água



A água é usada principalmente para trocas de calor, após a transformação do produto, no resfriamento das peças. O circuito de fornecimento de água se estende a todas as máquinas de transformação e volta às torres de resfriamento. Embora seja um circuito fechado, pode haver perdas de água por evaporação decorrente das trocas de calor, principalmente nas torres de resfriamento (por atomização).

Existe, também, a eventualidade de perdas por quebras da tubulação e durante as trocas de moldes, mas estas devem ser prontamente reparadas.

Do volume de água em circulação, aproximadamente 50% são perdidos mensalmente. A água utilizada poderá ser proveniente de poços artesianos, cursos d'água e fontes de água de reuso ou ser oriunda da concessionária, onde o custo por m³ é mais caro. A água que seria descartada poderá ser reaproveitada para uso geral.

4.2 - Energia Elétrica

O setor de transformação de materiais plásticos é um grande consumidor de energia elétrica, já que necessita movimentar motores e equipamentos de elevada potência para as etapas de moagem e processamento, bem como gerar calor para o processamento da matéria-prima, além de utilizar a energia em todos os demais periféricos.

Além da etapa da transformação do material, o consumo de energia elétrica no processo de retirada de calor do produto em formação também é alto, pois o mesmo se dá por bombeamento de água em circuito fechado, utilizando-se torres de resfriamento. Há casos em que é necessário que essa água seja resfriada com temperaturas abaixo da ambiente, demandando o uso adicional de geladeiras industriais e chillers.

Existem, ainda, alguns casos em que o molde exige aquecimento acima da temperatura ambiente, normalmente em óleo aquecido em um circuito especial (aquecedor fluido térmico), também consumindo muita energia elétrica.

Alguns materiais, como o ABS, a poliamida, o PMMA e também o policarbonato, exigem que a umidade seja retirada da matéria-prima, levando a horas de permanência desta em estufas com circulação de ar ou a vácuo, em temperaturas acima de 70°C. Esse aquecimento implica em um alto consumo de energia elétrica.

4.3 - Matérias-primas e produtos auxiliares

As famílias de produtos auxiliares utilizados para a fabricação de transformados plásticos é muito vasta, devido a diversidade de suas aplicações. Podem ser citadas algumas delas:

1. Pigmentos para coloração do material plástico;
2. Colas;
3. Óleos (para os circuitos hidráulicos das máquinas);
4. Aditivos.

Caso algumas dessas substâncias apresentem propriedades tóxicas, torna-se essencial o uso de EPIs e outras medidas preventivas para o manuseio.

O manejo ambientalmente correto desses produtos poderá evitar problemas de contaminação do solo, vegetação e água subterrânea (tanto na área da fábrica como nas áreas do entorno) ou de contaminação das redes de drenagem e dos cursos d'água, pelas poeiras fugitivas ou pela lavagem inadequada de pátios de recebimento de produtos, áreas de armazenagem e de produção industrial.

Segundo a ABNT NBR 14725-4:2009 Versão Corrigida 2:2010 Produtos químicos - Informações sobre segurança, saúde e meio ambiente Parte 4: Ficha de informações de segurança de produtos químicos (FISPQ), a ficha de informações de segurança de produtos químicos (FISPQ) é um meio de o fornecedor transferir informações essenciais sobre os perigos de um produto químico, substâncias ou misturas, (incluindo informações sobre o transporte, manuseio, armazenagem e ações de emergência) ao usuário deste, possibilitando a ele tomar as medidas necessárias relativas à segurança, saúde e meio ambiente. A FISPQ também pode ser usada para transferir essas informações para trabalhadores, empregadores, profissionais da saúde e segurança, pessoal de emergência, agências governamentais, assim como membros da comunidade, instituições, serviços e outras partes envolvidas com o produto químico.

Em alguns países, essa ficha é chamada safety data sheet (SDS). A FISPQ também é conhecida como Ficha de/com Dados de Segurança (FDS).

4.4 - Principais interferências no meio

4.4.1 - Gases

A quantidade de gases gerada no processo de transformação de material plástico é difícil de ser mensurada, pois depende do tipo de material empregado e das condições de processamento.

Será necessário que se tomem os devidos cuidados para a sua dispersão ou tratamento adequados, de maneira a evitar possíveis impactos ambientais ou ocupacionais associados à sua inalação.

4.4.2 - Ruído



O nível de intensidade sonora nos ambientes fabris deve ser considerado como uma situação prioritária, devendo-se seguir os critérios estabelecidos nas Normas Regulamentadoras do Ministério do Trabalho e Emprego. Esses índices poderão atingir patamares da ordem de 90 dB(A), mas poderão ser atenuados com o uso de EPIs pelos funcionários, ou através da implantação de projetos acústicos, que diminuam a exposição para níveis de 70 dB(A) ou abaixo.

Dependendo do caso, os gestores do processo também deverão zelar pela qualidade ambiental do entorno das instalações, evitando a propagação de ruído em níveis acima do estipulado na legislação e, especialmente, não causando incômodos em áreas residenciais.

4.4.3 - Resíduos

Como resultado das atividades da indústria de material plástico ocorre a geração das mais variadas correntes de resíduos, tais como produtos químicos vencidos ou de uso em testes; sobras de outras operações, como marcenaria, materiais do ambulatório médico, do refeitório etc.; itens de equipamentos de controle, como filtros, fiação, resíduos sanitários e de escritório, entre outros.

O manejo correto de cada corrente de resíduo deverá ser avaliado de modo a verificar a existência de alternativas, tais como o co-processamento e a reciclagem mecânica. Quando o resíduo não tiver mais possibilidade de ser reutilizado neste ciclo, poderá ser destinado para a reciclagem energética, evitando-se passivos ambientais e, eventualmente, gerando receitas para a empresa.

Podem-se destacar as seguintes correntes:

1. Estopas embebidas em substâncias químicas;
2. Varridão de fábrica;
3. Óleo contaminado com água;
4. Embalagens de insumos;
5. Borras de material plástico;
6. Caixas de papelão;
7. Metais (ferrosos e não ferrosos) de diversos tipos;
8. Sobras de madeira;
9. Solventes em geral.

Estes deverão ser segregados em local previamente preparado e adequado (abrigado de correntes de ar, dotado de piso impermeabilizado, cobertura e outras medidas necessárias), aguardando a retirada por empresas devidamente licenciadas pelos órgãos ambientais competentes. Ainda assim, os resíduos deverão ser classificados e separados.

Para tal, deverão ser seguidas as orientações constantes da Norma NBR 10.004 - Resíduos Sólidos, onde define os resíduos sólidos e semi-sólidos, como os que resultam de atividades de origem industrial, doméstica, hospitalar, comercial, agrícola, de serviços e de varrição, lodos provenientes de sistemas de tratamento de água, aqueles gerados em equipamentos e instalações de controle de poluição, bem como determinados líquidos cujas particularidades tornem inviável o seu lançamento na rede pública de esgotos ou corpos de água, ou exijam para isso soluções técnica e economicamente inviáveis em face à melhor tecnologia disponível.

Classificando como:

- resíduos classe I - Perigosos;
- resíduos classe II – Não perigosos;
- resíduos classe II A – Não inertes.
- resíduos classe II B – Inertes.

Outras legislações poderão ser aplicadas, como a Lei Estadual nº 12.300, de 16/03/2006, que institui a Política Estadual de Resíduos Sólidos do Estado de São Paulo e define princípios e diretrizes para a gestão dos resíduos industriais.

NBR 12.235/1992 -Armazenamento de resíduos sólidos perigosos, fixa as condições exigíveis para o armazenamento de resíduos sólidos perigosos, Classe I de forma a proteger a saúde pública e o meio ambiente

4.4.4 - Aspectos e impactos ambientais da indústria da reciclagem

Do ponto de vista dos processos empregados, a indústria de reciclagem de plásticos apresenta aspectos e impactos bastante similares aos da indústria de transformação.

Contudo, isso não se aplica em relação às etapas de coleta, seleção e preparo do material. A magnitude dos impactos dependerá diretamente do grau de contaminação da corrente de resíduos utilizada. O caso mais crítico é o da reciclagem pós-consumo, no qual a descontaminação poderá gerar correntes expressivas de efluentes e resíduos. O alto grau de informalidade do setor e a baixa escolaridade dos catadores de lixo é um fator de risco de contaminação das resinas plásticas, o que pode inviabilizar a reciclagem ou gerar uma quantidade excessiva de resíduos de processo.

Embora não diga respeito diretamente ao aspecto da reciclagem, uma questão muito séria é a de práticas como a da queima a céu aberto de plásticos inservíveis, principalmente a queima de fios e cabos elétricos por alguns sucateiros, com o objetivo de recuperar metais, como o cobre. Isso deve ser coibido, não só pelas autoridades, mas por todos os envolvidos na cadeia de reciclagem.

4.5 - Geração de efluentes



Resultado da necessidade de realizar operações de lavagem e de separação por densidade. Enquanto que esta última é realizada em circuito fechado (salvo eventuais derramamentos), a primeira etapa pode envolver quantidades excessivas de água e conseqüentemente geração de efluentes, o que deverá ser equacionado.

4.6 - Geração de resíduos sólidos

A geração e as correntes variam enormemente, conforme a qualidade da coleta seletiva, o estado do material, as resinas (ou mistura de resinas) componentes, e se a reciclagem é pré ou pós-consumo. Conforme o caso, serão geradas diversas correntes paralelas de materiais como vidro, papel, madeira, rejeitos orgânicos etc.

Etapas de Reciclagem	Aspecto	Impacto*
	Consumo de recursos naturais renováveis - energia elétrica	Comprometimento das fontes de energia renovável
	Consumo de recursos naturais renováveis - água	Comprometimento das fontes de recursos naturais renováveis
	Efluentes industriais - água contaminada com matéria-prima e sujidades diversas	Contaminação das águas superficiais e subterrâneas
	Emissões gasosas – queima da matéria-prima (refugos, telas etc.)	Poluição da atmosfera - eventual geração de Poluentes Orgânicos Persistentes (POPs)
	Emissões de material particulado, como resinas, insumos em pó, gases de combustão (degasagem/misturador)	Poluição da atmosfera
	Resíduos sólidos contaminados – resíduos de embalagens (ex: big-bags / sacarias de matéria-prima utilizada)	Contaminação do solo
	Resíduos sólidos contaminados – rótulos de papel, pedaços de madeira etc. matéria-prima contaminada e não reciclável	Contaminação do solo
	Ruído - ondas sonoras – trânsito de empilhadeiras e máquinas	Incômodo ao entorno
	Ruído - ondas sonoras - equipamentos elétricos	Incômodo ao entorno
	Vazamentos ou derramamentos de matéria-prima	Contaminação das águas e do solo
Vazamentos ou derramamentos de água	Comprometimento de recursos naturais renováveis	

Figura 41 - Aspectos e impactos ambientais na indústria de reciclagem

* Quando os aspectos não forem controlados de forma adequada

Observação: No que se refere à emissão de gases, tanto para o processo de transformação de plásticos quanto no caso da reciclagem, o processo de extrusão utiliza telas de tecido metálico para o aumento da contra pressão da massa polimérica, transformação do fluxo turbulento do extrudado em fluxo laminar e principalmente para reter as impurezas do material polimérico.

Seu entupimento pode causar elevação da corrente da máquina, aumento da pressão interna do cilindro e redução de velocidade do extrudado. Para viabilizar a reutilização das telas é necessária a carbonização do material incrustado, para isto deve-se utilizar fornos com tratamento de emissão de gases. A utilização de queimadores posteriores ou "Afterburners" é recomendada, pois estes diminuem a emissão de fumos e permitem a incineração dos poluentes resultantes do processo.



Figura 42 - Queimador de telas com "afterburners".

5 - LAAI - Levantamento e Avaliação de Aspectos e Impactos Ambientais

Recomenda-se criar uma sistemática de levantamento, avaliação e controle dos aspectos ambientais oriundos dos processos, atividades, produtos e serviços, para que os mesmos possam ser controlados, determinando aqueles que tenham ou possam ter impacto significativo sobre o meio ambiente.

O Levantamento e a Avaliação dos Aspectos e Impactos Ambientais deverá ser realizado e revisado nos seguintes casos:

- Definição de metas para melhoria contínua;
- Quando da implementação de um SGA - Sistema de Gestão Ambiental;
- No projeto de novas instalações, processos, produtos ou serviços;
- Quando de alterações em processos, atividades, produtos ou serviços;
- Quando de alterações importantes em qualquer critério de determinação de importância/significância;
- Sempre que os controles disponíveis não se mostrem eficazes;
- Sempre que os resultados das auditorias internas indiquem a necessidade de uma avaliação/revisão (global ou setorial) desse levantamento.



6 - Produção mais limpa (P+L)



6 - Produção mais limpa (P+L)

Segundo a United Nations Industrial Development Organization (UNIDO), Produção Mais Limpa é a aplicação contínua de uma estratégia de prevenção ambiental integrada aos processos, produtos e serviços para aumentar a eficiência e reduzir os riscos para os seres humanos e o meio ambiente.

Já é filosofia das empresas a constante realização de novos trabalhos e a implantação de normas, procedimentos e projetos destinados à melhoria contínua da eficiência de produção e, mais recentemente também, com o objetivo de se minimizar seus impactos ambientais.

Outro quesito relevante é sobre qual valor deva ser atribuído a essas mudanças, ou seja, qual o custo/benefício da implantação de tais projetos. Investimentos nessa área nem sempre trazem um retorno financeiro imediato, mas sim a médio e longo prazo, por vezes sem relação imediata com os resultados ambientais, que poderão aparecer com mais rapidez.

Através da aplicação de medidas de P+L, é possível se obter melhorias em diversos aspectos do processo, a saber:

- Redução do consumo de energia elétrica;
- Redução do consumo de água;
- Diminuição dos índices de refugo (material para reprocesso/reciclagem);
- Diminuição dos índices de resíduos (através dos 3R's – reduzir, reutilizar, reciclar);
- Melhor acompanhamento do processo;
- Diminuição da necessidade de manutenções corretivas.

Em seguida, são citadas algumas medidas que poderão proporcionar esses ganhos ambientais e financeiros no setor de transformados plásticos. Adicionalmente, a tabela fornece uma ideia geral das áreas onde será possível obter melhorias com a sua adoção.

Principais Ganhos Ambientais nas Áreas:

OPORTUNIDADE	Principais Ganhos Ambientais nas Áreas:						
	Economia de Água	Recs. Naturais/ Matérias-primas/ Insumos	Eficiência Energética	Efluentes Líquidos	Minimização de Resíduos Sólidos	Minimização do desgaste de máquinas	Melhoria do ambiente de trabalho (ruído, etc.)
OP+L1 – Emprego de motores elétricos econômicos para acionamento das máquinas			X				X
OP+L2 – Emprego de mantas térmicas nos equipamentos			X			X	X
OP+L3 – Utilização de novas tecnologias para economia de energia e aumento da produtividade:	-	-	-	-	-	-	-
OP+L3a – Emprego de máquinas injetoras e sopradoras elétricas ou híbridas		X	X			X	X
OP+L3b – Processos de plastificação com acionamento elétrico		X	X				
OP+L3c – Uso de acumuladores de pressão (tanques pulmão)			X				X
OP+L3d – Sistema de filtração off-line do óleo hidráulico			X	X	X		
OP+L3e – Utilização de secadores de material do tipo “Funil Térmico”			X				
OP+L3f – Emprego de dosadores e alimentadores automáticos		X	X		X	X	
OP+L4 – Otimização da logística de matérias-primas – emprego de embalagens mais econômicas e/ou retornáveis	X	X		X	X		X
OP+L5 – Reprocessamento de materiais não conformes		X			X		
OP+L6 – Utilização dos equipamentos conforme a necessidade (Planejamento da produção)			X		X		
OP+L7 – Manutenção Preditiva, Preventiva e Corretiva	X	X	X	X	X	X	X
OP+L8 – Educação continuada dos colaboradores	X	X	X	X	X	X	X
OP+L9 – Iluminação eficiente			X				X
OP+L9a – Telhas translúcidas			X				X
OP+L10 – Aproveitamento de água de chuva	X			X			
OP+L11 – Aditivação das águas de processo	X			X		X	
OP+L12 – Adoção de Torres de resfriamento diferenciadas	X		X				
OP+L13 – Utilização de água de reuso	X			X			
OP+L14 – Adoção de torres de resfriamento em circuito fechado	X						
OP+L15 – Alterações nas torres de resfriamento	X						
OP+L16 – Utilização de equipamentos economizadores de água	X			X			
OP+L17 – Utilização de Capacitores para aumentar o Fator de Potência			X				
OP+L18 – Temperatura de captação de ar para os compressores			X				
OP+L19 – Evitar perdas por problemas na tubulação de ar comprimido		X	X				
OP+L20 – Recuperação do calor do compressor			X				
OP+L21 – Troca x Conserto de motores elétricos			X				
OP+L22 – Realização do Diagnóstico energético da Unidade	X		X	X		X	X

Figura 43 - Tabela de oportunidades de Produção Mais Limpa.



6.1 - Oportunidades de Produção Mais Limpa - OP+L

OP+L1. Emprego de motores elétricos econômicos para acionamento das máquinas;

Os motores sempre deverão ser objeto de estudo, no sentido de se dimensionar um motor cuja potência seja necessária e suficiente para o trabalho pretendido, ou seja, evitar o super dimensionamento e buscar o emprego de modelos mais eficientes, assim economizando energia elétrica e racionalizando o uso do espaço físico (devido à redução de tamanho do motor).

Para os motores trifásicos por indução, é aconselhável buscar a utilização daqueles com alto fator de potência (econômicos), além de inversores de frequência quando se faça necessária a variação dos parâmetros de rotação e potência dos mesmos.

O inversor de frequência é um dispositivo capaz de gerar uma tensão e frequência trifásicas ajustáveis, com a finalidade de controlar a velocidade de um motor de indução trifásico. Isso evita o emprego de métodos que gastem energia em excesso.

OP+L2. Emprego de mantas térmicas nos equipamentos

A utilização de mantas térmicas (isolamento) nas zonas aquecidas de equipamentos como os “cilindros” e “canhões” das injetoras, sopradoras e extrusoras, ajuda a diminuir a perda de calor para o ambiente, reduzindo em torno de 25% o consumo de energia elétrica para se manter e uniformizar a temperatura do sistema, facilitando seu controle. As mantas são normalmente confeccionadas em fibra de vidro ou cerâmica envolvida em tecido resistente, suportando trabalho constante a 500°C; sua temperatura externa chega no máximo a 70°C, assim protegendo também o trabalhador de queimaduras e exposição ao calor excessivo.

No entanto, será necessário que se considere que não é possível nem desejável o isolamento completo dos equipamentos, uma vez que os mesmos precisam trocar certa quantidade de calor com o meio para evitar danos aos produtos e ao próprio maquinário. Isso deverá ser objeto de um projeto adequado.

OP+L3. Utilização de novas tecnologias para economia de energia e aumento da produtividade.

Sempre que houver condições favoráveis, deverá ser buscada a modernização do parque fabril, com a substituição de equipamentos ultrapassados por máquinas mais eficientes. Abaixo são listadas algumas alternativas.

OP+L3a. Emprego de máquinas injetoras e sopradoras elétricas ou híbridas

Segundo um determinado fabricante de equipamentos, os estudos comprovam que, dependendo da escala de produção, a utilização de injetoras híbridas ou elétricas economiza até 60% o consumo de energia elétrica da máquina, quando comparado ao desempenho de injetoras hidráulicas tradicionais executando as mesmas operações.

Em uma máquina de acionamento híbrido (elétrico e hidráulico), ou somente elétrico, os movimentos são executados individualmente, através de atuadores instalados diretamente no ponto necessário; com isso, a força motriz é totalmente aproveitada, evitando-se perdas por transmissão e também aumentando a velocidade dos ciclos e a produtividade.

Em máquinas sopradoras a economia varia de 20 a 60% em relação a máquinas

similares hidráulicas, além de produzirem menor ruído e vibração, como não utilizam o fechamento ou acionamento hidráulico podem ser utilizadas na produção de embalagens de uso cosmético e farmacêutico.



OP+L 3b Processos de plastificação com acionamento elétrico

Motores elétricos de corrente alternada, dotados de inversores de frequência, mantêm constante a rotação do parafuso da extrusora, independentemente de outros acionamentos hidráulicos estarem ocorrendo simultaneamente. Como não é necessária sua utilização durante todo o tempo de ciclo, sua demanda de potência é controlada através do inversor (que atua como driver), comandando a velocidade do motor em função da potência requerida no momento da plastificação. Seu uso também mantém inalteradas as características reológicas da resina, do início ao fim da plastificação. Esses motores usualmente também são de menores dimensões, mais robustos e menos sensíveis que os motores de corrente contínua.

OP+L 3c Uso de acumuladores de pressão (tanques pulmão)

O uso de acumuladores de pressão (do tipo bexiga) nas bases do processo onde sejam necessários grandes fluxos hidráulicos substitui com vantagem as grandes bombas hidráulicas normalmente utilizadas, que costumam ficar ociosas durante uma grande parte do ciclo, consumindo energia elétrica desnecessariamente. Com o uso dos acumuladores, será possível utilizar bombas e motores de menores dimensões, com economia de energia de até 30% (menor potência instalada).



Figura 44 - Acumuladores de pressão.

OP+L 3d Sistema de filtração off-line do óleo hidráulico

Consiste na instalação de um sistema de filtração ultrafina (abaixo de 5 micra), mantido sob refrigeração constante e operando independentemente do sistema hidráulico da máquina. Isso faz com que o óleo mantenha um grau de pureza conforme os padrões recomendados para funcionamento das servo-válvulas, aumentando em 50% a sua vida útil, acarretando em menor necessidade de troca de peças e em um aumento na velocidade de injeção de até 4 vezes.

OP+L 3e. Utilização de secadores de material do tipo “funil térmico”

A utilização de um sistema de funil térmico, no qual o ar quente é soprado de maneira uniforme para secar os materiais úmidos, poderá substituir o uso de estufas para secagem do material, diminuindo em até 10 vezes o consumo de energia.

OP+L 3f. Emprego de dosadores e alimentadores automáticos



Figura 45 - Dosador e alimentador automático

A adoção de alimentadores automáticos na linha de produção poderá resultar em uma redução de até 90% nas perdas de matéria-prima, com a conseqüente economia de energia, tempo e materiais associados, aumentando em muito a lucratividade da empresa. Já o uso de misturadores/dosadores assegura a homogeneidade da formulação dos componentes, melhorando a qualidade do transformado. O uso de tais periféricos contribui para elevar a qualidade e a produtividade do processo, diminuindo o desperdício.

OP+L 4. Otimização da logística de matérias-primas – emprego de embalagens mais econômicas e/ou retornáveis

As matérias-primas muitas vezes são disponibilizadas em embalagens de 20 a 30 kg. Ao optar-se pela utilização de embalagens maiores, como tambores e big bags retornáveis (na faixa de 500 a 1.200 kg), obtém-se como resultado uma diminuição considerável na perda de matéria-prima (normalmente ocasionada por vazamentos em embalagens mais frágeis), além da diminuição da geração de resíduos sólidos, como sacarias (ráfia, plástico e papel) e da facilitação do transporte da matéria-prima, evitando o esforço físico do trabalhador e a ocorrência de doenças ocupacionais. É, assim, aconselhável que os gestores do processo entrem em acordo com os seus fornecedores no sentido de negociar a entrega das matérias-primas conforme esta sistemática.



Figura 46 - Big bag retornável.



OP+L 5. Reprocessamento de materiais não conformes

O material rejeitado pelo controle de qualidade, denominado “refugo”, além das rebarbas, poderá ser reaproveitado internamente, devendo ser separado conforme sua formulação (tipo de polímero), retornando ao processo de produção como matéria-prima moída. No entanto, deve-se zelar para que a geração de refugos seja evitada ao máximo, uma vez que cada quilograma de material plástico que passou por transformação e não se transformou imediatamente em produto, a rigor gerou um gasto praticamente inútil de mão de obra, energia e aditivos, que terão de ser novamente mobilizados para sua reconversão em novos produtos. Quando o produto final, devido a requisitos de aplicação ou especificação, não admitir a presença de material reprocessado em sua formulação, ainda assim o refugo poderá ser revendido, gerando receita, ou reutilizado em um outro processo em que seja aplicável.



Figura 47 - Reprocessamento de materiais.

OP+L 6. Utilização dos equipamentos conforme a necessidade (planejamento da produção)

Muitas vezes, os equipamentos produtivos estão super dimensionados para determinados processos ou aplicações, o que causa um gasto desnecessário de energia elétrica, além de subutilizar a capacidade do equipamento. Caso não seja possível a troca dos equipamentos, é aconselhável aplicar estratégias de planejamento de produção, diminuindo o consumo de energia e os rejeitos do processo.

OP+L 7. Manutenção preditiva, preventiva e corretiva

Também se pode considerar a manutenção como uma oportunidade de P+L. De um modo geral, equipamentos com suas manutenções planejadas e em dia consomem menos insumos, aumentam sua produtividade e reduzem os gastos.

A falta ou insuficiência de práticas adequadas de manutenção levam a um maior consumo de água e óleo (ocasionado por vazamentos) e também a um maior consumo de energia, devido a problemas nas resistências térmicas ou partes mecânicas do equipamento (exigindo mais do maquinário). Isso pode muitas vezes levar à necessidade de se realizar manutenções corretivas, em que o gasto de capital é maior. Da mesma forma, o tempo necessário para manutenção gera uma parada da máquina, com a consequente diminuição ou paralisação da produção.

OP+L 8. Educação continuada dos colaboradores

A empresa deverá adotar, como parte da filosofia de P + L, também as práticas de informação aos empregados sobre os programas executados, frisando a importância que cada um tem para se obter bons resultados: na redução de perdas, na redução do consumo de água e de energia elétrica e, também, em relação à coleta seletiva (interna), com a separação de papéis, pilhas e baterias e lâmpadas fluorescentes, entre outros.

OP+L 9 Iluminação eficiente

Na Indústria de transformação e reciclagem de materiais plásticos, a iluminação é responsável por pequena parte do consumo de energia elétrica. No entanto, mesmo esse consumo não pode ser desconsiderado.

É recomendado dimensionar-se corretamente o sistema de iluminação e sua fiação, buscando o máximo aproveitamento da iluminação natural, além de se implantar outras medidas, como o uso de circuitos independentes para utilização de iluminação parcial (dividida por setores), de luminárias espelhadas, de reatores com alto fator de potência e, quando possível, de lâmpadas de máxima eficiência (maior quantidade de lumens por watt). A figura fornece alguns dados sobre as lâmpadas hoje disponíveis para isso.

Tipo de lâmpada	Lm/W
Incandescente	17
Halógena	22
Luz mista	28
Vapor de mercúrio	58
Fluorescente compacta – LFC reator integrado (com base E27)	59
Fluorescente convencional fluorescente compacta – LFC	68
Reator não integrado	72
Fluorescente – alta eficiência	90
Vapor metálico	85
Sódio a alta pressão	130
Sódio a baixa pressão	183

Figura 48 - Comparativo de eficiência de lâmpadas.

Fonte: Copel - Companhia Paranaense de energia

OP+L 9a. Telhas translúcidas

A utilização de telhas translúcidas nas instalações prediais é uma enorme oportunidade de se aproveitar ao máximo a iluminação natural, complementada, quando necessário, com iluminação artificial, ocasionando uma redução considerável na utilização de energia elétrica para este fim.

No entanto, cabe ressaltar que, na prática, o problema não se resume à simples troca de telhas; se possível, deve-se optar pela realização de um projeto luminotécnico adequado (avaliando fatores como condições de insolação, necessidades de iluminação, tipo de telha ou dispositivo a utilizar, etc.), para que não ocorram surpresas, como uma piora das condições de trabalho. O processo de transformação de plásticos, por si, já envolve a dissipação de quantidades apreciáveis de calor, devendo os gestores do processo prever o uso de dispositivos e telhas que deixem passar apenas a luz visível, evitando-se aumento da irradiação infravermelha nas áreas fabris.



Figura 49 - Utilização de telhas translúcidas.

OP+L 10. Aproveitamento de água de chuva

Após tratamentos simples, a água de chuva poderá ser usada no processo produtivo em várias das suas etapas, como no resfriamento de moldes metálicos, nas banheiras de resfriamento, para lavagem de material pós-consumo etc. Trata-se de usos em que há contato indireto para o ser humano; eventualmente, as águas pluviais poderão, também, depois do devido tratamento e avaliação, ser utilizadas nos sanitários e vestiários.

Além disso, também podem ser usadas na rega de jardins e lavagem de veículos, dentre outros usos.

A estimativa de redução no consumo de água, tanto tratada como de fonte própria, poderá atingir patamares de até 50%. (Leitura recomendada: NBR 15527- Água de chuva - Aproveitamento de coberturas em áreas urbanas para fins não potáveis - Requisitos)



Figura 50 - Cobertura para captação de água da chuva.

OP+L 11. Aditivação das águas de processo

A utilização de aditivos biodegradáveis para conservação da água evita incrustações na tubulação e, conseqüentemente, a ocorrência de eventos como aumento do consumo de água e dificuldades na circulação. Também previne quedas de eficiência do sistema de refrigeração (o que traria maior consumo de energia elétrica.)

OP+L 12. Adoção de torres de resfriamento diferenciadas

As perdas de água por evaporação durante o processo de resfriamento nas torres poderão ser minimizadas através da utilização de modelos construtivos mais eficientes, como os dotados de câmara de resfriamento fechada nas laterais e face superior aberta, modelos com serpentinas que barram a circulação do ar e com motores de instalação laterais.

OP+L 13. Utilização de água de reuso

As concessionárias de água e esgoto agora principiam a disponibilizar água de reuso para utilização em processos, evitando os impactos ambientais decorrentes do aumento da retirada da água do meio ambiente.

A água de reuso, utilizada para fins não potáveis, tem emprego no resfriamento de máquinas e equipamentos, na lavagem de pátios, rega de jardins etc. Pode ser adquirida a um custo menor, desde que atendidas as normas ambientais e de saúde pública vigentes, abastecendo-se a indústria por meio de caminhões pipas (devidamente identificados) ou adutoras de uso exclusivo, conforme a quantidade contratada junto à concessionária.

É importante ressaltar que o emprego da água de reuso deverá ser cercado dos devidos cuidados quanto a contato direto (sinalização da rede, válvulas etc.), de modo a se evitar eventuais riscos à saúde dos trabalhadores. É recomendável o uso de EPIs.

OP+L 14. Adoção de torres de resfriamento em circuito fechado

Diferentemente das torres de resfriamento de circuito aberto, nas quais a água a ser resfriada se mistura à utilizada no resfriamento), estas possuem um trocador de calor por contato indireto, normalmente em materiais como cobre ou alumínio onde o fluido a ser refrigerado circula internamente de maneira independente e sem contato com a água utilizada para a refrigeração.

A circulação interna evita a contaminação do fluido e reduz as perdas por evaporação, diminuindo o consumo de água.

OP+L 15. Alterações nas torres de resfriamento

Pode-se adotar medidas simples, como a pintura das torres em cores claras refletivas e sua instalação em locais sombreados e com sensores de temperatura na saída da torre para modular a velocidade do motor utilizando um inversor de frequência.

Outras medidas incluem cuidados na instalação, como seu posicionamento longe de vegetação que possa derrubar folhas ou detritos sobre a água de resfriamento e outras medidas recomendadas pela boa prática da engenharia. Estas ações, realizadas de modo individual ou em conjunto, contribuem para a redução do consumo de água e energia elétrica do sistema.

OP+L 16. Utilização de equipamentos economizadores de água

A Companhia de Saneamento do Estado de São Paulo (Sabesp), em parceria com a Federação do Comércio de Bens, Serviços e Turismo do Estado de São Paulo (Fecomércio-SP) criou o Programa de Uso Racional da Água (Pura). Em sua publicação, são citadas diversas ações para redução e consumo consciente da água. Por exemplo, a utilização de peças hidráulicas, como arejador de vazão para pias e torneiras, uso de válvulas automáticas para mictórios e torneiras, bacias VDR para vasos sanitários, restritor ou reguladores de vazão para duchas e torneiras, que podem gerar economias de até 76% no consumo da unidade. A tabela ilustra alguns desses equipamentos, assim como suas vantagens relativas em termos de consumo de água.

Equipamentos economizadores de água e suas vantagens relativas em termos de consumo.



Equipamento Convencional	Consumo	Equipamento economizador	Consumo	Economia
Bacia com caixa acoplada	12 litros / descarga	Bacia VDR	6 litros/descarga	50%
Bacia com válvula bem regulada	10 litros/descarga	Bacia VDR	6 litros/descarga	40%
Ducha (água quente/fria) - até 6 mca	0,19 litros/seg	Restritor de vazão 8 litros/min	0,13 litros/seg	32%
Ducha (água quente/fria) - 15 a 20 mca	0,34 litros/seg	Restritor de vazão 8 litros/min	0,13 litros/seg	62%
Ducha (água quente/fria) - 15 a 20 mca	0,34 litros/seg	Restritor de vazão 12 litros/min	0,20 litros/seg	41%
Torneira de pia - até 6 mca	0,23 litros/seg	Arejador vazão cte (6 litros/min)	0,10 litros/seg	57%
Torneira de pia - 15 a 20 mca	0,42 litros/seg	Arejador vazão cte (6 litros/min)	0,10 litros/seg	76%
Torneira uso geral/tanque - até 6 mca	0,26 litros/seg	Regulador de vazão	0,13 litros/seg	50%
Torneira uso geral/tanque - 15 a 20 mca	0,42 litros/seg	Regulador de vazão	0,21 litros/seg	50%
Torneira uso geral/tanque - até 6 mca	0,26 litros/seg	Restritor de vazão	0,10 litros/seg	62%
Torneira uso geral/tanque - 15 a 20 mca	0,42 litros/seg	Restritor de vazão	0,10 litros/seg	76%
Torneira de jardim - 40 a 50 mca	0,66 litros/seg	Regulador de vazão	0,33 litros/seg	50%
Mictório	2 litros/uso	Válvula automática	1 litro/seg	50%

Figura 51 - Comparativo de equipamentos economizadores de água.

Bases de cálculo:

- Torneira de pia - abertura 1 volta

- Ducha - abertura total

- O regulador de vazão permite ao usuário regular o fluxo de acordo com suas necessidades

Fonte: Relatório Mensal 3 - Projeto de Pesquisa Escola Politécnica / USPxSabesp - Junho/96 e informações técnicas da Associação Brasileira dos Fabricantes de Materiais para Saneamento (Asfamas). Disponível em www.sabesp.com.br. Acesso em 20.out.2010).

OP+L 17. Utilização de capacitores para aumentar o fator de potência



Figura 52 - Banco de capacitores.

Em energia elétrica, existem dois tipos de potência: a reativa e a ativa. A primeira atua através da formação de um campo magnético que permite que os diversos equipamentos (motores elétricos, reatores para iluminação etc.) funcionem.

A energia ativa é a que efetivamente transforma a energia elétrica em outros tipos de energia, seja ela térmica, mecânica (motores elétricos) ou luminosa.

Somados, estes dois tipos de potência formam a denominada potência aparente. O fator de potência é o índice que permite mensurar o quanto da energia aparente é transformado em energia que efetivamente realiza trabalho. Quanto mais próximo de 1,0 (ou 100%) estiver este valor, melhor o aproveitamento da energia elétrica.

A correção do fator de potência de equipamentos e redes para índices próximos a 100% pode ser feita utilizando-se capacitores, dispositivos que armazenam energia elétrica e a descarregam quando necessário.

Estes podem ser instalados, usualmente, de duas maneiras: ligados diretamente às cargas ou instalados em forma de bancos de capacitores ligados na entrada de energia.

Segundo o Guia Técnico - Gestão Energética, da Eletrobrás e Procel, as vantagens resultantes da ligação individual dos capacitores junto às cargas são: o controle é completo; os capacitores não causam problemas quando muitas cargas são desligadas; o sistema não requer comutação em separado; o motor sempre trabalha junto com o capacitor; há maior eficiência dos motores, devido à melhor utilização da potência, e há redução nas quedas de tensão. As cargas e os capacitores trabalham em conjunto, podendo ser realocados facilmente; isso também facilita a escolha do capacitor correto para cada carga e permite menores perdas na linha e aumento da capacidade de condução de carga do sistema.

As vantagens da instalação de bancos de capacitores diretamente ligados à subestação de entrada são: menor custo por kVA reativo; menor custo de instalação; melhoria do fator de potência geral da instalação, permitindo que seja realizado controle automático, com um controle preciso da potência de capacitores ligados a qualquer momento, eliminando possíveis sobretensões.

Além disso, quando o fator de potência é corrigido de maneira eficaz, as perdas de energia se reduzem; o aquecimento dos condutores diminui, assim como as variações de tensão e a capacidade dos transformadores alcança melhor aproveitamento, devido a liberação de cargas. Verifica-se, em consequência, aumento na vida útil dos equipamentos elétricos, que passam a consumir energia de forma racional e econômica.

OP+L 18. Temperatura de captação de ar para os compressores

O bocal de captação de ar para compressão deverá ser localizado de maneira que o ar captado esteja o mais frio possível; quanto menor a temperatura do ar aspirado, tanto menos energia será gasta pelo compressor para comprimi-lo.

Recomenda-se que esta captação seja realizada fora da casa das máquinas, que normalmente possui temperatura superior à do ar ambiente.

Segundo o Guia Técnico - Gestão Energética, da Eletrobrás e Procel, a diferença de desempenho de um compressor aspirando ar externo a uma temperatura de 40°C e a 32°C pode chegar até 3,8% da potência do compressor, valor que pode facilmente ser economizado com a realocação da entrada de ar.

OP+L 19. Evitar perdas por problemas na tubulação de ar comprimido



Figura 53 - Organização de tubulação.

Pequenos furos na tubulação ou instalações com tubulações antigas e mal conservadas podem gerar perdas de até 30% da capacidade total do compressor, gerando grande desperdício de energia elétrica; em instalações bem elaboradas e conservadas as perdas podem ser inferiores a 5%.

OP+L 20 Recuperação do calor do compressor

É possível a recuperação de até 70% do calor gerado na compressão do ar para aquecimento de fluidos para as mais diversas finalidades. Além disso, é possível a utilização do ar quente gerado para uso em estufas de matéria-prima etc.

OP+L 21 Troca X conserto de motores elétricos

Para motores pequenos (menores que 10 cv) deve-se avaliar a possibilidade de substituí-los por similares novos e de alto rendimento, preferencialmente com selo Procel (Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica/Eletronbras), ao invés de rebobiná-los. Motores reparados perdem até 4% do seu rendimento. Para motores de uso contínuo deve-se estudar a viabilidade econômica de troca ao invés do reparo.

OP+L 22. Realização do diagnóstico energético da unidade

O diagnóstico energético consiste, basicamente, em um trabalho de levantamento das condições das instalações elétricas, de consumo previsto e real dos equipamentos e análise da fatura.

Com estes dados, é possível definir um plano estratégico com as alterações necessárias para um consumo energético mais eficiente e também tornar factível a elaboração de um plano de investimento com foco na modernização do parque industrial, implantando máquinas mais eficientes e resultando na diminuição do consumo de energia, sem afetar os níveis de produção.

7 - Referências

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 12235:1992**, Armazenamento de resíduos sólidos perigosos: Procedimento, RIO DE JANEIRO, 1992.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6023**: Informação e documentação - Referenciais - Elaboração, RIO DE JANEIRO, 2002.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 10004**: Resíduos sólidos: Classificação, Rio de Janeiro, 2004.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 13230**: Embalagens e acondicionamento plásticos recicláveis: Identificação e simbologia, SÃO PAULO, 2008.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 14001**: Sistemas da gestão ambiental - Requisitos com orientações para uso, RIO DE JANEIRO, 2004.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 14725-4:2009 Versão Corrigida 2:2010**, Produtos químicos - Informações sobre segurança, saúde e meio ambiente Parte 4: Ficha de informações de segurança de produtos químicos (FISPQ) , RIO DE JANEIRO, 2010.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR ISO 14050**: Gestão Ambiental: Vocabulário, RIO DE JANEIRO, 2004.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15527:2007**, Água de chuva: Aproveitamento de coberturas em áreas urbanas para fins não potáveis - Requisitos, RIO DE JANEIRO, 2007.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15448-1**: Embalagens plásticas degradáveis e/ou renováveis - Parte 1: Terminologia, RIO DE JANEIRO, 2008.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15792**: Embalagem Índice de reciclagem: Definições e método de cálculo, SÃO PAULO, 2010.

BINI, M. P.M, et al.: **Estudo da Incorporação de Resíduo de Fabricação de Pás Eólicas para Aerogeradores em Cimento Portland**, Trabalho apresentado no “3rd International Workshop - Advances in Cleaner Production”, São Paulo, SP, 18-20/05/2011. Disponível em: <http://www.advancesincleanerproduction.net/third/files/sessoes/6A/7/Bini_MPM%20-%20Paper%20-%206A7.pdf>. Acesso em 14/06/2011.

BRASIL, **Portaria, 3214 de 08 de Junho de 1978**. Aprova as Normas Regulamentadoras - NR - do Capítulo V, Título II, da Consolidação das Leis do Trabalho, relativas a Segurança e Medicina do Trabalho. Legislação Federal.

CENTRAIS ELÉTRICAS BRASILEIRAS, FUPAI/EFFICIENTIA. **Eficiência energética em sistemas de ar comprimido**, Rio de Janeiro: Eletrobrás, 2005. 208p.

CENTRAIS ELÉTRICAS BRASILEIRAS, FUPAI/EFFICIENTIA. **Eficiência energética em sistemas de refrigeração industrial e comercial**, Rio de Janeiro: Eletrobrás, 2005. 316p.



- CENTRAIS ELÉTRICAS BRASILEIRAS, FUPAI/EFFICIENTIA. **Eficiência energética em sistemas de bombeamento**, Rio de Janeiro: Eletrobrás, 2005. 272p.
- CENTRAIS ELÉTRICAS BRASILEIRAS, FUPAI/EFFICIENTIA. **Guia técnico Gestão Energética**, Rio de Janeiro: Eletrobrás, 2005. 188p.
- CENTRO DE TECNOLOGIA DE EMBALAGEM. **Embalagens Plásticas Rígidas, Principais Polímeros e Avaliações da Qualidade**, Campinas, SP, 2008.
- CENTRO DE TECNOLOGIA DE EMBALAGEM. **Embalagens Plásticas Flexíveis, Principais Polímeros e Avaliações de Propriedades**, Campinas, SP, 2002.
- CETESB, SINDIGRAF. **Guia técnico ambiental da indústria gráfica**, - 2.ed.- São Paulo: CETESB: SINDIGRAF, 2009.
- CETESB, SINDITÊXTIL. **Guia técnico ambiental da indústria têxtil**, - São Paulo: CETESB: SINDITÊXTIL, 2009.
- CETESB, SITIVESP. **Guia técnico ambiental da indústria tintas e vernizes**, - São Paulo: CETESB: SITIVESP, 2008.
- COPEL. **Manual de eficiência energética na indústria**, Paraná, 2005. 155p.
- CORAZZA Filho, E. C. **Poliestireno: O material e sua transformação**, São Paulo, Plásticos em Revista Editora, 1995.
- CÔRTEZ, B. P. **Processo de Moldagem por Sopro**. [S.l.], Polialden Petroquímica S.A., [19--].
- ELETROBRÁS. **Dicas para Eficiência Energética na Indústria**, . Disponível em: <<http://www.eletrobras.com/elb/procel/main.asp?TeamID=%7BB937C998-DA6B-4132-9E4D-966E4D780A5E%7D>>. Acesso em 20 de Março de 2011.
- ESCOLA SENAI MARIO AMATO. **Apostila do Curso Técnico: Gestão ambiental**, São Paulo, 2006.
- ESCOLA SENAI MARIO AMATO. **Apostila do Curso Técnico: Tecnologia da transformação dos plásticos**, São Paulo, 2005.
- ESCOLA SENAI MARIO AMATO. **Incorporação de Baquelite Reticulado em Composto de PVC**, Trabalho apresentado no componente curricular de Projetos do Curso Técnico em Plásticos. São Bernardo do Campo. Dezembro de 2008. Páginas 17 a 20.
- FECOMÉRCIO, SABESP. **O uso racional da água no comércio**, São Paulo: Abril, 2009. 29p.
- FEDERAÇÃO DAS INDÚSTRIAS DO ESTADO DE SÃO PAULO. **Melhore a competitividade com o sistema de gestão ambiental - SGA / FIESP**, São Paulo: FIESP, 2007.

FERRO, S. **Máquinas - Transformador investe mais em diferenciais tecnológicos**, Revista Plástico Moderno - Edição: 397, Novembro/2007.

FURTADO, M. **Fabricantes mostram máquinas 'verdes', velozes e com novas funções no molde**, Revista Plástico Moderno - Edição: 398, Dezembro/2007.

FIESP - FEDERAÇÃO DAS INDÚSTRIAS DO ESTADO DE SÃO PAULO. **Perguntas Frequentes - Produção mais Limpa (P+L)**. Disponível em: <<http://www.fiesp.com.br/ambiente/perguntas/producao-limpa.aspx>>. Acesso em 15 de Fevereiro de 2011.

INDÚSTRIAS ROMI. **Catálogo Geral Máquinas para Plástico, Série Prática, Série Primax R, Série Primax DP, Série Velox H, Série Eletramax**, Disponível em: <http://www.romi.com.br/fileadmin/Editores/IP/Catalogos/Portugues/cat_geral_po_af.pdf>. Acesso em: 15 de Maio de 2011.

INSTITUTO DE EMBALAGENS. **Embalagens flexíveis**, São Paulo, 2009.

INSTITUTO DE EMBALAGENS. **Guia de referências: embalagens da concepção ao descarte responsável**, São Paulo, 2007.

MANRICH, S. **Processamento de Termoplásticos, Rosca Unica, Extrusão e Matrizes, Injeção e Moldes**. São Paulo: Artliber Editora, 2005.

MTE- MINISTÉRIO DO TRABALHO E EMPREGO. **Normas Regulamentadoras**, Disponível em: <<http://portal.mte.gov.br/legislacao/normas-regulamentadoras-1.htm>>. Acesso em 30 de Julho de 2011.

PIAZI, J. C; FARIA JR., S. L. P. **Extrusão noções básicas aplicações**, [S.l.], Polialden Petroquímica S.A., 1989.

PIVA, A. M., Wiebeck, H. **Reciclagem do Plástico, como fazer da reciclagem um negócio lucrativo**. São Paulo: Artliber Editora, 2004.

PROGRAMA DAS NAÇÕES UNIDAS PARA O MEIO AMBIENTE - **A produção mais limpa e o consumo responsável na América Latina e Caribe**, São Paulo: 2004. 134p.

PLASTIVIDA - INSTITUTO SÓCIO AMBIENTAL DOS PLÁSTICOS. **RECICLAGEM: o que é?**. - Disponível em: <http://www.plastivida.org.br/2009/Reciclagem_Oque-e.aspx>. Acesso em: 02 de Março de 2011.

RETO, M. A. S. **Injetoras - Máquinas modernas driblam o apagão**, Revista Plástico Moderno, São Paulo, Edição: 323, Agosto/2001.

RETO, M. A. S. **Reciclagem - Gerar energia e reaproveitar mais resinas norteiam novos programas de investimento**, Revista Plástico Moderno, São Paulo, Edição: 395, Setembro/2007.

SABESP. **Programa de Uso Racional da Água- PURA**, Disponível em: <http://www.sabesp.com.br/CalandraWeb/CalandraRedirect/?temp=2&temp2=3&proj=sabesp&pub=T&nome=Uso_Racional_Agua_Generico&db=&docid=0559F0B0B4127513832570D1006527A2>. Acesso em 30 de Agosto 2011.



RUBBERPEDIA. **Introdução aos Polímeros, Elastómeros e Borrachas**, Disponível em: <<http://www.rubberpedia.com/borrachas/borrachas.php>>. Acesso em 24 de Janeiro de 2011.

SCHWARZ, O. **Ciencia de los Plásticos: Composición, propiedades, procesamiento, aplicaciones de los termoplásticos, duroplásticos y elastómeros**, Espanha, Editorial Costa Nogal, 2002.

UNIDO UNITED NATIONS INDUSTRIAL DEVELOPMENT ORGANIZATION. **Cleaner Production (CP)**, Disponível em: <<http://www.unido.org/index.php?id=o5152>>. Acesso em 20 de Fevereiro de 2011.

WEBER, A. P., AMANO, A. L., FERREIRA, B. S. e MARCELINO, C. **Reciclagem de EPS**, Trabalho apresentado no componente curricular de Projetos do Curso Técnico em Plásticos na Escola SENAI Mario Amato. São Bernardo do Campo. Dezembro de 2008.

WEN, J. C. H; CÔRTEZ, B. P. **Moldagem por Injeção**, [S.I.], Polialden Petroquímica S.A., 1990.

8 - Apêndice

8.1 - Segurança do trabalho no processo de transformação e reciclagem de materiais plásticos

A portaria nº 3.214, 08 de junho de 1.978 aprova as Normas Regulamentadoras - NR - do Capítulo V, Título II, da Consolidação das Leis do Trabalho, relativas a Segurança e Medicina do Trabalho.

As normas regulamentadoras orientam sobre os procedimentos obrigatórios relacionados a medicina do trabalho no Brasil que devem ser seguidas por todas empresas brasileiras regidas pela CLT.

É necessária atenção especial as seguintes normas:

NR 1 Disposições gerais;

NR 6 Equipamentos de proteção individual;

NR 9 Programa de prevenção de riscos ambientais;

NR 10 Segurança em instalações e serviços de eletricidade;

NR 12 Segurança em máquinas e equipamentos.

Disponíveis no site do Ministério do Trabalho e Emprego – MTE <http://www.mte.gov.br>.

Para as empresas do Estado de São Paulo verifique a vigência das Convenções Coletivas de Máquinas Injetoras, Sopradoras e Moinhos.

Disponíveis no site do sindiplast <http://www.sindiplast.org.br>

8.2 - SGA - FIESP

A norma [ABNT] ISO 14001:2004, ferramenta reconhecida mundialmente para auxiliar a reduzir os impactos ambientais, além de proporcionar conformidade com a legislação ambiental, determina diretrizes e requisitos para se estabelecer o chamado Sistema de Gestão Ambiental - SGA.

A adoção do SGA, segundo a ISO 14001, não gera custo, mas é, sim, um investimento que pode ter retorno a curto, médio ou longo prazo. É importante ressaltar o alcance social da adoção de um SGA, como promotor da conservação de recursos ambientais para esta e futuras gerações, sem que isso signifique perdas para o desenvolvimento econômico.

De modo a ajudá-los a compreender melhor a ISO 14001 e o SGA, foi desenvolvido pelo Grupo de Trabalho sobre Normalização Técnica e Certificação Ambiental da Câmara Ambiental da Indústria Paulista, criada pela FIESP, juntamente com representantes de cerca de 30 setores industriais a publicação "Melhore a competitividade com o Sistema de Gestão Ambiental- SGA", que pode ser consultada no site da FIESP: <http://www.fiesp.com.br/>



Termos

3 R's - Reduzir, reutilizar e reciclar.

Antifoggin - Anti-neblina, impedem a condensação de água na forma de pequenas gotas sobre uma superfície.

Borra - Resíduo plástico descartado por ocasião da retomada do processo de produção, troca de matéria prima ou limpeza de cilindros.

Calandra - Conjunto de rolos aquecidos que giram em velocidades diferentes normalmente utilizados na fabricação de chapas ou filmes.

Masterbatches - Concentrados de cor e aditivos veiculados em uma resina termoplástica base.

Pallet - Estrado de metal, madeira ou plástico utilizado para movimentação de cargas.

Parison - Tubo de material plástico em alta temperatura (semimanufaturado).

Refugo - Material desprezado, fora do padrão.

Temperatura de cristalização - Temperatura de formação de cristais.

Temperatura de fusão cristalina - Temperatura de amolecimento.

Temperatura de transição vítrea - Temperatura acima da qual um polímero se torna mole, dúctil e abaixo da qual se torna duro e quebradiço.

Termofixo - Alteram sua composição sob aquecimento e pressão.

Termoplástico - Não sofrem reações químicas quando submetidos ao calor.

Siglas

ABS - Acrilonitrila Butadieno Estireno

ATD - Análise Térmica Diferencial

DSC - Calorimetria Diferencial de Varredura

EPC - Equipamento de Proteção Coletiva

EPI - Equipamento de Proteção Individual

EPS - Poliestireno Expandido

FDS - Ficha de Dados de Segurança

LAAI - Levantamento e Avaliação de Aspectos e Impactos Ambientais

PA - Poliamida

PE - Polietileno

PEAD - Polietileno de Alta Densidade

PEBD - Polietileno de Baixa Densidade

PELB - Polietileno Linear de Baixa Densidade

PET - Polietileno Tereftalato

PMMA - Polimetilmetacrilato

POP - Poluente Orgânico Persistente

PP - Polipropileno

PS - Poliestireno

PSAI - Poliestireno de Alto Impacto

PTFE - Politetrafluoretileno (Teflon)

PU - Poliuretano

PVC - Policloreto de Vinila

SAN - Copolímero de Estireno e Acrilonitrila

SDS - Safe Data Sheet

SGA - Sistema de Gerenciamento Ambiental

TC - Temperatura de Cristalização

TG - Temperatura de Transição Vítre

TM - Temperatura de Fusão Cristalina



Sindiplast

Sindicato da Indústria de Material Plástico
do Estado de São Paulo



SECRETARIA DO
MEIO AMBIENTE



GOVERNO DO ESTADO
SÃO PAULO

GUIA AMBIENTAL

DA INDÚSTRIA DE TRANSFORMAÇÃO E RECICLAGEM DE MATERIAIS PLÁSTICOS

SÉRIE P+L

VOLTAR AO SUMÁRIO