



SERVIÇO NACIONAL DE APRENDIZAGEM INDUSTRIAL – SENAI DR/BA
FACULDADE DE TECNOLOGIA SENAI CIMATEC
CURSO SUPERIOR DE TECNOLOGIA EM POLÍMEROS

ANTONIO MARCOS DE JESUS DOS SANTOS

**INFLUÊNCIA DA ADIÇÃO DE MATERIAL RECUPERADO
NAS PROPRIEDADES ÓPTICAS DO PEBD**

Salvador
2013

ANTONIO MARCOS DE JESUS DOS SANTOS

**INFLUÊNCIA DA ADIÇÃO DE MATERIAL RECUPERADO
NAS PROPRIEDADES ÓPTICAS DO PEBD**

Monografia apresentada ao Curso Superior de Tecnologia em Polímeros da Faculdade de Tecnologia SENAI Cimatec como requisito parcial para a obtenção do título de Tecnólogo em Polímeros.

Orientador: Prof. Msc. Joyce Azevedo,

Salvador 2013

Ficha catalográfica elaborada pela Biblioteca da Faculdade de Tecnologia SENAI CIMATEC

S237i

Santos, Antônio Marcos de Jesus dos

Influência da adição de material recuperado nas propriedades ópticas do PEBD / Antônio Marcos de Jesus dos Santos. 2013.

55f.; il.; color.

Orientador: Prof. Msc. Joyce Azevedo

Monografia (Curso superior de tecnologia em polímeros), Faculdade de Tecnologia Senai - CIMATEC, Salvador, 2013.

1. Propriedades ópticas. 2. Filmes de PEBD. 3. Reciclagem. I. Faculdade de Tecnologia Senai-CIMATEC. II. Azevedo, Joyce. III. Título.

CDD: 620.192

ANTONIO MARCOS DE JESUS DOS SANTOS

**INFLUÊNCIA DA ADIÇÃO DE MATERIAL RECUPERADO
NAS PROPRIEDADES ÓPTICAS DO PEBD**

Monografia apresentada ao Curso Superior de Tecnologia em Polímeros como requisito parcial para a obtenção do título de Tecnólogo em Polímeros pela Faculdade de Tecnologia SENAI Cimatec.

Aprovada em 18 de Junho de 2013.

Banca Examinadora

Joyce Batista de Azevedo – Orientador

Mestre em Ciência e Engenharia de Materiais pela Universidade Federal de
Campina Grande, Campina Grande, Brasil
Faculdade Tecnologia SENAI Cimatec

Josiane Dantas Viana – Banca examinadora

Doutora em Ciência e Engenharia de Materiais pela Universidade Federal de
Campina Grande, Campina Grande, Brasil
Faculdade Tecnologia SENAI Cimatec

Rômulo de Freitas Farias – Banca examinadora

Mestre em Ciências e Engenharia de Materiais pela Universidade Federal de
Campina Grande, Campina Grande, Brasil
Faculdade Tecnologia SENAI Cimatec

Dedico este trabalho a Deus...

AGRADECIMENTOS

Primeiramente agradeço a Deus, pela possibilidade de concluir este curso.

A Jacqueline Soares hoje minha esposa, pelo apoio e inspiração que sempre tem me dado.

A meus pais que investiram e acreditaram que chegaria lá.

A minha tia Josenice Freitas pela ajuda e acolhimento durante a faculdade.

As pessoas que contribuíram ao longo de minha formação acadêmica, sendo professores e colegas.

Ao colega Fabio Oliveira pela grande ajuda no processamento do material.

Ao colega Fabio Imbirussu pela grande ajuda nos testes.

A minha Orientadora Joyce Azevedo e a sua paciência no desenvolvimento deste trabalho.

A minha professora Zora, que me ajudou nesse trabalho.

Ao Sr. Ramir Martinho da empresa Norpack pela disponibilização da resina utilizada neste estudo.

A todos os colegas de classe e a todos aqueles que ajudaram de alguma forma a realização deste trabalho.

RESUMO

O presente trabalho teve como objetivo avaliar as propriedades ópticas de filmes obtidos a partir de polietileno de baixa densidade e resíduo industrial. Foram avaliadas 5 formulações com variadas concentrações variando de 0 a 100% do polímero proveniente de aparas em bobinas de filmes. O material recuperado foi transformado em pellets e incorporado ao PEBD no processo de extrusão balão. As análises das propriedades ópticas demonstraram que a adição de material recuperado ao PEBD, em baixas concentrações não influenciam significativamente nas propriedades ópticas do PEBD.

Palavras-chave: Propriedades ópticas, filmes de PEBD, reciclagem.

ABSTRACT

This study aimed to evaluate the optical properties of films made from low density polyethylene and industrial waste. Formulations were evaluated with five different concentrations ranging from 0 to 100% of the polymer chips from reels of films. The recovered material was transformed into pellets and incorporated into the LDPE extrusion process balloon. The analysis of the optical properties show that the addition of LDPE to the reclaimed material in low concentrations do not significantly influence the optical properties of LDPE.

Keywords: optical properties, LDPE films, recycled.

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Perfil de temperatura na extrusão.....	17
Tabela 2 – Formulações.....	18
Tabela 3 – Parâmetros de Extrusão	18
Tabela 4 – Valores do glossmeter das amostras ensaiadas.....	21
Tabela 5 – Valores do transmitância das amostras ensaiadas.....	22
Tabela 6 – Valores do haze das amostras ensaiadas.....	24
Tabela 7 – Valores do IA- Índice de Amarelecimento das amostras ensaiadas.....	25

LISTAS DE FIGURAS

Figura 1 – Representação da estrutura da molécula do polietileno (LENGUENZA, 1999).....	06
Figura 2 – Diferença entre os polietilenos; adaptado de (COUTINHO et al., 2003).....	08
Figura 3 – Esquema de uma extrusora de sopro para filmes. (DOW QUÍMICA, 2000).....	15
Figura 4 – Esquema de uma bolha de polietileno de baixa. (DOW QUÍMICA, 2000).....	16
Figura 5 – Valores do glossmeter das amostras ensaiadas.....	21
Figura 6 – Valores do transmitância das amostras ensaiadas.....	22
Figura 7 – Valores do haze das amostras ensaiadas.....	23
Figura 8 – Valores do IA- Índice de Amarelecimento das amostras ensaiadas.....	24

LISTAS DE ABREVIATURAS E SIGLAS

PEBD	Polietileno de Baixa Densidade
PEBDL	Polietileno de Baixa Densidade Linear
PEAD	Polietileno de Alta Densidade
IA	Índice de Amarelecimento
Gloss	Brilho
ASTM	American Society for Testing and Materials
Cimatec	Centro Integrado de Manufatura e Tecnologia
WWW	World Wide Web
PE	Polietileno

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	03
1.1	Definições do problema.....	03
2	OBJETIVOS.....	04
2.1	Objetivo geral.....	04
2.2	Objetivos específicos.....	04
3	REVISÃO DA LITERATURA.....	04
3.1	Cenário das embalagens plásticas.....	04
3.2	Polímeros.....	05
3.2.1	Polietileno.....	06
3.2.2	Tipos e Aplicações do Polietileno.....	07
3.2.3	Reciclagem dos Polímeros.....	08
3.2.4	Degradação do Polietileno.....	11
3.2.5	Propriedades Ópticas.....	13
3.2.6	Processo de Extrusão Balão ou Extrusão de Filmes(Sopro).....	14
4	PROCEDIMENTO EXPERIMENTAL.....	16
4.1	Materiais.....	16
4.1.1	Polietileno	16
4.1.2	PEBD Recuperado.....	17
4.2	Metodos.....	17
4.2.1	Preparação do recuperado do filme de PEBD.....	17
4.2.2	Preparação das Misturas.....	18
4.2.3	Extrusão do filme para a fabricação dos corpos de prova.....	18
4.3	Ensaio.....	19
4.3.1	Ensaio de Brilho - Glossmeter.....	19
4.3.2	Ensaio de Transmitância.....	19
4.3.3	Ensaio de Haze.....	19
4.3.4	Ensaio do Índice de Amarelecimento - IA.....	19
5	RESULTADOS E DISCUÇÕES.....	20
5.1	Ensaio de Brilho Glossmeter.....	20
5.2	Ensaio de Transmitância.....	21
5.3	Ensaio de Haze.....	23
5.4	Ensaio de Índice de Amarelecimento - IA.....	24
5.5	Justificativa para os Resultados.....	25

6 IMPORTÂNCIA COMERCIAL.....	25
7 CONTRIBUIÇÕES.....	26
8 CONCLUSÕES.....	27
9 ATIVIDADES FUTURAS DE PESQUISA.....	28
10 REFERÊNCIAS.....	29
11 ANEXO.....	33

1. INTRODUÇÃO

O Polietileno é um dos materiais mais empregados pelas indústrias de transformação de plásticos. Hoje com o grande crescimento deste setor industrial as empresas tentam ao máximo reduzirem os custos no processamento com reaproveitamento de material que sobra no processo. Porém este reaproveitamento, na maioria das vezes, não possui estudo prévio de implicações nas propriedades ópticas do material.

A necessidade de se diminuir desperdícios no processo de fabricação de produtos plásticos tornou-se uma prioridade para as indústrias de transformação. Dentro desta perspectiva é importante o estudo do reaproveitamento dos desperdícios gerados na produção, podendo haver redução nos custos das empresas com matéria prima e na quantidade de resíduo gerado durante o processo industrial.

Considerando o aproveitamento de resíduo industrial para utilização em embalagens alimentícias, deve-se considerar o nível máximo aceitável de contaminante químico no plástico reciclado que ofereça risco mínimo à saúde pública e que não comprometa as propriedades organolépticas do produto envasado (KUZNESOF e VANDERYEER, 1995).

Sendo assim, para este estudo foi utilizado material do processo industrial desprovido de contaminantes, facilitando a reinserção desse material para produção de novos produtos.

1.1 Definições do problema

Dentre os polímeros mais utilizados na fabricação de filmes extrusados, encontra-se o polietileno de baixa densidade (PEDB), o qual na forma de filme possui boas propriedades ópticas e boa processabilidade (GUERRINI et al., 2004).

Apesar da aplicabilidade e das propriedades apresentadas pelo PEBD, são poucos os estudos sobre a influência deste polímero nas propriedades ópticas de filmes plásticos. Considerando este aspecto, foram elaboradas

formulações para produção de filmes utilizando também PEBD oriundo de resíduo industrial.

No processo de extrusão tipo “balão” normalmente gera-se muito resíduo. Por exemplo, podemos citar os refiles, laterais cortadas para que o filme seja bobinado em dois eixos. Esta sobra de processo em muitas indústrias é classificada como materiais de baixo valor comercial, o que pode influenciar financeiramente o setor industrial.

Este resíduo pode ser utilizado como parte da formulação de novos produtos. Para tanto, é preciso um prévio levantamento de suas propriedades junto as novas formulações garantindo assim o padrão de qualidade já estabelecido pela empresa. Este aspecto é ainda mais relevante quando se produz filmes plásticos, já que devido ao aspecto comercial, as propriedades ópticas são constantemente avaliadas.

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo geral

Analisar formulações de PEBD com diferentes proporções de PEBD recuperado, verificando sua interferência nas propriedades ópticas do filme.

2.2 Objetivos específicos

- Desenvolver formulações com diferentes proporções de PEBD recuperado e PEBD virgem para produção de filmes;
- Comparar as propriedades ópticas de filmes de PEBD virgem com filmes obtidos utilizando PEBD recuperado.

3 REVISÃO DA LITERATURA

3.1 Cenário das embalagens plásticas

Em 2012, de acordo com a Abiplast (Associação Brasileira das Indústrias de Plásticos), a participação do Brasil no mercado mundial passou a representar 2%, com 11.690 empresas processadoras de polímeros, empregando 348.000 pessoas e produzindo aproximadamente 6 milhões de

toneladas de plástico, resultando em uma movimentação de cerca de R\$ 56,49 bilhões (ABIPLAST, 2012).

A grande maioria dos transformadores brasileiros atua em mais de um setor de mercado, sendo que o maior setor consumidor de resinas plásticas é o setor de embalagens, com 44%; acompanhado respectivamente pelos setores da indústria automotiva, com 25%; e da construção civil, com 21%; que tem alternado posição com o segmento de utilidades domésticas (GORNÍ, 2006).

Uma embalagem, para atender de forma otimizada às suas atribuições, deve: ter a função de atrair o consumidor com visual gráfico e estético, ter cores pertinentes ao produto; ser o elo de comunicação com o consumidor ajudando na venda do produto; ter personalidade própria, já que leva a marca da empresa produtora do produto embalado; ser desenvolvida para produtos e públicos específicos e com seletividade social; ser conservada adequadamente, para garantir e manter as características do produto; proteger o produto durante o ciclo logístico; estar tecnicamente adequada para suportar manuseios, transportes, estocagem e, inclusive, as condições ambientais de luz, temperatura, umidade, durante todo o seu ciclo de vida e o descarte pelo cliente final; ser cômoda para manusear, transportar, abrir e fechar, considerando a segurança pessoal, dos produtos, e suas características ambientais e de reciclagem; conter todos os requisitos básicos e obedecer rigorosamente à legislação vigente de seu país ou dos países para os quais sua empresa exportar (BANZA, 2005).

3.2 Polímeros

A palavra polímero origina-se do grego poli (muitos) e mero (unidade de repetição). Este material é uma macromolécula composta por muitas dezenas ou centenas de milhares de unidades de repetição denominadas meros, ligadas por ligação covalente. Os polímeros são obtidos por meio da reação de polimerização dos monômeros (CANEVAROLO, 2006). Do ponto de vista da nomenclatura, para se denominar um polímero usa-se o nome do monômero que foi usado na sua síntese e não o nome químico da unidade repetitiva do mesmo. Assim, por exemplo, utiliza-se o termo polietileno, pois este deriva do etileno ($\text{CH}_2=\text{CH}_2$) (DE PAOLI, 2012).

Dependendo do tipo de monômero (estrutura química), do número médio de meros por cadeia e do tipo de ligação covalente, os polímeros podem ser divididos em três grandes classes: Plásticos, Borrachas e Fibras. Os Plásticos são sólidos como produtos acabados e são divididos em termoplásticos (amolecem quando aquecidos, sendo fusíveis, solúveis e recicláveis) e termofixos (amolecem quando aquecidos, porém após a cura tornam-se infusíveis e insolúveis). As Borrachas ou elastômeros caracterizam-se por poderem ser deformados por pelo menos duas vezes o seu comprimento original (retirado o esforço, devem voltar a seu tamanho original). As Fibras são termoplásticos orientados que devem satisfazer a condição geométrica de o comprimento ser, no mínimo, cem vezes maior que o diâmetro (CANEVAROLO, 2006). Nesta classificação o polietileno é um termoplástico e será melhor descrito no tópico a seguir.

3.2.1 Polietileno

O polietileno, entre os plásticos, é o que tem a estrutura mais conhecida e a mais simples entre os polímeros comerciais (ROMAN, 1997). Sua estrutura molecular pode ser observada na Figura 01.

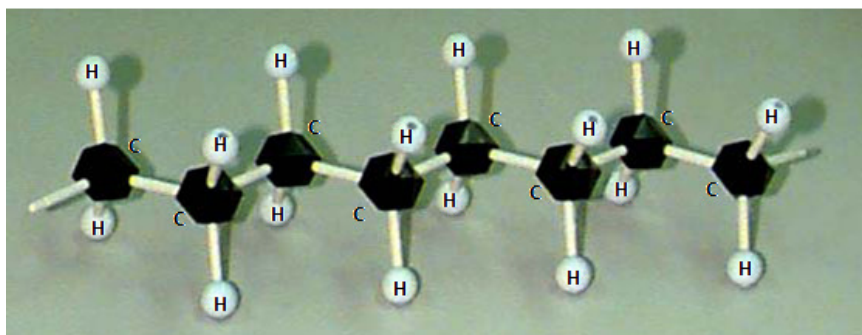


Figura 01 – Representação da estrutura da molécula do polietileno (LENGUENZA, 1999).

O polietileno, a depender do tipo de cadeia, pode ser um polímero parcialmente cristalino e flexível, cujas propriedades são acentuadamente influenciadas pelas quantidades relativas das fases amorfa e cristalina. Em condições normais, os polímeros etilênicos não são tóxicos, podendo inclusive ser utilizados em contato com produtos alimentícios e farmacêuticos. Atualmente, os polietilenos são mais apropriadamente descritos como polietilenos ramificados e polietilenos lineares (COUTINHO et al., 2003).

O polietileno foi sintetizado pela primeira vez durante um processo de aquecimento do diazometano feito pelo químico alemão Hans Von Pechmann, em 1898. O resultado do experimento foi um pó branco de aspecto ceroso caracterizado por uma cadeia de CH_2 e então denominado polimetileno (PECHMANN e PEACOCK, 2000).

Os polietilenos são produzidos através da polimerização por adição do etileno. Atualmente, a maior parte do etileno é proveniente do petróleo por meio do craqueamento da nafta que é oriunda do refino do petróleo, porém também pode ser obtido do gás natural ou gás de petróleo. Além disso, recentemente no Brasil, o etileno está sendo obtido através do etanol para a produção do polietileno de fonte renovável (BRASKEM, 2012).

O PEBD é um polímero parcialmente cristalino (50-60%), cuja temperatura de fusão está na faixa de 110 a 115°C. Este polietileno contém cadeias ramificadas, sendo que estas ramificações são, na maioria das vezes, tão longas quanto à cadeia principal do polímero. A presença dessas ramificações determina o grau de cristalinidade, as temperaturas de transição e afeta os parâmetros cristalográficos tais como o tamanho dos cristalitos (COUTINHO et al., 2003).

3.2.2 Tipos e Aplicações do Polietileno

Existem diferentes tipos de polietileno sendo estes classificados em: PEAD (Polietileno de Alta Densidade), PEMD (Polietileno de Média Densidade), PEBDL (Polietileno de Baixa Densidade Linear) e PEBD (Polietileno de Baixa Densidade). Esta divisão está principalmente relacionada ao tipo das cadeias e à densidade (PECHMANN e PEACOCK, 2000).

Conforme mostra a Figura 02, o polietileno pode apresentar diferentes ramificações (COUTINHO et al., 2003). O PEBD apresenta aproximadamente 50% de cristalinidade, enquanto o PEAD possui cerca de 80%. A presença das ramificações grandes no PEBD dificulta o processo de cristalização, tornando o polímero menos cristalino e com cristalitos de menor perfeição. Conseqüentemente, o empacotamento entre as cadeias é menor resultando em menores valores de densidade (CANEVAROLO, 2006).

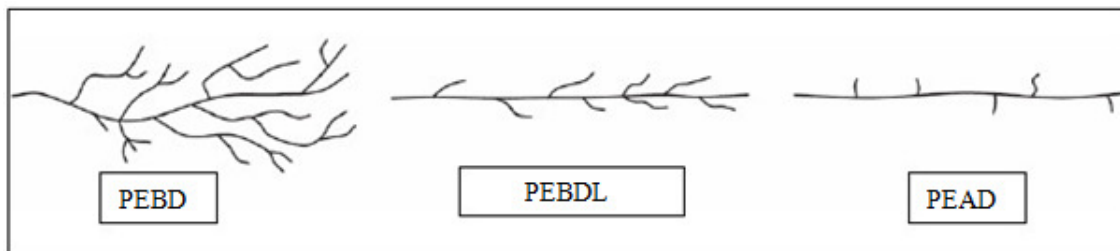


Figura 02: Diferença entre os polietilenos. Adaptado de (COUTINHO et al., 2003).

Os polietilenos podem ser classificados em classes conforme a densidade, seguindo a norma ASTM D-4976:

- Classe 1 (0,910 a 0,925 g/cm³) = Polietileno de Baixa Densidade
- Classe 2 (>0,925 a 0,940 g/cm³) = Polietileno de Média Densidade
- Classe 3 (>0,940 a 0,960 g/cm³) = Polietileno de Alta Densidade
- Classe 4 (>0,960 g/cm³) = Polietileno de Alta Densidade

Conforme visto na Figura 2, tanto para a classe 3 como para a classe 4, o polietileno possui o mesmo nome, porém quando for mencionado que é de classe 4, trata-se de um polietileno de alta densidade muito denso e cristalino.

O processo de produção de PEBD utiliza altas pressões (entre 1000 e 3000 atmosferas) e altas temperaturas (entre 100 e 300 °C). Vários iniciadores (como peróxidos orgânicos) podem ser usados para iniciarem a reação de polimerização. Essa reação é altamente exotérmica e assim uma das principais dificuldades do processo é a remoção do excesso de calor do meio reacional. Essa natureza altamente exotérmica da reação combinada com altas pressões conduz a uma grande quantidade de ramificações de cadeia, as quais têm uma importante relação com as propriedades do polímero (COUTINHO et al., 2003).

3.2.3 Reciclagem de Polímeros

É um método viável de reaproveitamento de plásticos, por fusão e transformação destes em outros materiais utilizáveis comercialmente. Este método apresenta como vantagens a redução da quantidade de resíduos sólidos, a economia de matéria-prima e energia, o aumento da vida útil dos

lixões e um alto rendimento do processo (VARMA, 1999). A reciclagem de plásticos envolve um grande trabalho prévio de separação, identificação e limpeza dos recipientes. Ainda assim, o material reciclado é cerca de 50% mais barato que o polímero virgem. No mundo, cerca de 20% dos plásticos são reciclados (SHRIVRAM, 2001). No Brasil, a reciclagem vem crescendo em volume e aumentando a diversidade e qualidade dos produtos reciclados (SPINACÉ e DE PAOLI, 2005).

A grande quantidade de embalagens plásticas preocupa a sociedade, face ao crescente volume de utilização e às implicações ambientais inerentes ao seu descarte não racional pós-consumo, como no setor de alimentos. Os hábitos de consumo, as regulamentações específicas e o desenvolvimento de tecnologias constituem pauta de ações específicas de setores governamentais e empresariais na reciclagem de embalagens. O incremento do volume dos materiais plásticos utilizados em embalagens representa um desafio sob o ponto de vista da sua reciclagem racional, exigindo uma abordagem integrada entre os processos de transformação das matérias-primas, fabricação das embalagens e sua funcionalidade na conservação dos produtos (FORLIN e FARIA, 2002).

Os plásticos degradam-se muito lentamente no ambiente, uma vez que estes materiais são bastante resistentes às radiações, ao calor, ao ar e à água. Representam cerca de 6 a 7% em peso e 16% em volume nos resíduos sólidos urbanos. Parte destes plásticos pode ser recuperada pela reciclagem mecânica, produzindo novos materiais, normalmente com usos menos nobres, como por exemplo, na construção civil e nas rodovias, e nos materiais para sinalização de estradas. Outra forma de reciclagem dos plásticos é a produção de energia. No entanto, além do alto custo, na reciclagem energética pode ocorrer a formação de gases tóxicos, volatilização de metais pesados, ou ainda cinzas contendo elementos tóxicos. Portanto, esta prática poderá ser feita somente sob controle rigoroso (SOARES et al., 2002).

A reciclagem direta dos rejeitos de produção é, a princípio, mais difícil na produção de filmes do que em outros processos de transformação de plásticos. A grande diferença quanto à densidade em massa das tiras de filmes finos em comparação com o material virgem na forma de grânulos impede uma reciclagem imediata, sendo que se torna preferível então, processar por

extrusão a sucata de filmes normalmente aglutinada e em seguida, fazer nova granulação. Os grânulos assim produzidos são realimentados novamente no processo, sob diversas taxas, conforme o produto que está sendo fabricado (SPIRGATIS e WORTBERG, 2002).

A reciclagem de plásticos visando o retorno para aplicações alimentícias era proibida mundialmente até a década de 90. Atualmente essa atividade consta como um dos principais desafios desse setor, pois representa todo um segmento de mercado a ser explorado. Além do que o setor de embalagens representa sozinho, aproximadamente 30% em peso do consumo total de plásticos produzidos nos EUA (DUCHIN E LANGE, 1998). Já no Brasil só é possível para aplicação alimentícia a reutilização de resinas ou materiais plásticos na própria planta de produção nas indústrias nacionais que está prevista na Resolução n. 105, de 19.05.99, da Agência Nacional de Vigilância Sanitária (Ministério da Saúde, 1999).

As poliolefinas somados ao policloreto de vinila constituem as categorias de plástico dominante neste setor, compondo aproximadamente 83% do consumo de plástico dessa fatia de mercado (ABIPLAST, 2012). Tecnicamente, o retorno desses resíduos é viável apenas ao processo de extrusão sopro e termoformagem, pois o processo de injeção exige menores viscosidades. Inclusive, um maior valor agregado ao reciclado pode ser alcançado pelo emprego de uma etapa adicional de separação das embalagens em cores claras e pigmentadas (HAIGH, 1999).

Para a reciclagem destes polímeros, torna-se necessário o entendimento das condições de processamento, reprocessamento e a conservação das suas propriedades. Entretanto, as condições de processamento podem influenciar na orientação das cadeias e nas suas características finais, bem como na reutilização do material reciclado (WARD et al, 1993). Por exemplo, as propriedades reológicas dos polímeros fundidos sofrem grande influência do peso molecular, do tamanho das ramificações e topologia, variáveis estas que podem impactar nos polímeros as quais vão passar por um processo de reciclagem (MCLEISH, 1997). Ao considerar estas variáveis, nota-se que o comportamento reológico dos materiais poliméricos no estado fundido gera uma relação chave entre estrutura, propriedades e processamento (AZIZI et al, 2008).

A reciclagem dos plásticos é viável do ponto de vista econômico e da preservação do meio ambiente (ANON, 1997). A seguir, são descritos os tipos mais comuns de reciclagem.

- Reciclagem primária – Reaproveitamento de peças defeituosas, aparas, rebarbas das linhas de produção da própria fábrica (FRANCHETTI et al, 2003).
- Reciclagem secundária ou mecânica – Transformação dos resíduos plásticos descartados, em grânulos que podem ser reutilizados na produção de outros materiais, como: pisos, conduites, sacos de lixo, solados, mangueiras, componentes de carros, fibras etc (FRANCHETTI et al, 2003).
- Reciclagem terciária ou química – Reprocessamento de plásticos descartados, convertendo-os em monômeros e misturas de hidrocarbonetos, que poderão ser reutilizados como produtos químicos em refinarias ou centrais petroquímicas. Este tipo de reciclagem permite também tratar misturas de plásticos, reduzindo custos de pré-tratamento, de coleta e seleção, além de permitir a produção de plásticos novos com a mesma qualidade de um polímero original (FRANCHETTI et al, 2003).

3.2.4 Degradação do Polietileno

Tipos de degradação

Os mais importantes tipos de degradação do polietileno são descritos a seguir:

- Degradação térmica

A degradação térmica tida como pura (sem a ação de outros fatores de

degradação) ocorre quando um polímero é exposto a altas temperaturas em uma atmosfera inerte. A temperatura de degradação térmica depende da energia das ligações químicas que constituem os polímeros. Esta energia de ligação é influenciada por alguns fatores, como: substituintes ao longo da cadeia, número de ramificações da cadeia do polímero e pela presença e tipo de comonômeros (DE PAOLI, 2012).

Devido ao fato dos polímeros serem bons isolantes térmicos, o tempo de exposição a uma dada temperatura e a velocidade de aquecimento também influem na estabilidade térmica. Assim, durante o processamento, quando o polímero estiver exposto a altas temperaturas, o tempo de residência torna-se uma variável importante para a degradação térmica (DE PAOLI, 2012).

- Degradação mecânica

A degradação mecânica compreende todos os fenômenos de fratura ou modificação química induzida pela tensão mecânica ou cisalhamento, tanto em temperatura ambiente como no processamento. De um modo geral, existem três tipos de deformações que podem ser aplicadas: cisalhamento simples (mudança de forma sem alterar o volume), compressão ou dilatação (mudança de volume sem alterar a forma) e a combinação dos efeitos anteriores (alteração de volume e forma) (DE PAOLI, 2012).

- Degradação química

A degradação química não ocorre somente quando o polímero é exposto a algum agente químico muito agressivo, mas pode ocorrer também devido a contaminações durante o processo industrial (como resíduos de catalisador ou de iniciador, impurezas de monômeros, aditivos, etc), ou mesmo por agentes externos de ataque químico (óleos lubrificantes, combustíveis, fluidos hidráulicos, contato com óxidos metálicos ou peças metálicas, ataque por poluentes atmosféricos, soluções de lavagem e de esterilização, etc) (DE PAOLI, 2012).

Dentre os processos químicos que podem interferir na degradação do

polímero, a oxidação é um dos tipos mais comuns, sendo chamada termo-oxidação. Na extrusão, por exemplo, esse tipo de degradação se inicia a partir de radicais livres que são atacados pelo oxigênio. A partir daí, podem ocorrer processos que modificam as propriedades dos polímeros, tais como cisões de cadeia e reticulações (DE PAOLI, 2012).

3.2.5 Propriedade Ópticas

A principal utilização dos filmes extrusados em sistema “balão” é na área de embalagens, assim, torna-se necessário otimizar as propriedades ópticas destes filmes, tais como o brilho e a opacidade interna e superficial. O brilho é um fenômeno reflexivo medido num ângulo pré-determinado e, em geral, quanto mais lisa a superfície de um filme, maior o brilho desta. A opacidade superficial é função da rugosidade superficial, que dependerá das condições de processo e das propriedades reológicas do material. Já a opacidade interna é influenciada pelo arranjo morfológico das fases cristalinas (GUERRINI et al., 2004).

Os vidros apresentam boa estabilidade dimensional ao longo de ampla faixa de temperaturas, não sofrem alterações dimensionais ou mudanças em suas propriedades óticas devido à absorção de umidade e possuem dureza superficial, rigidez e resistência (ao calor, ao envelhecimento e a solventes) melhores que as dos plásticos. Já os polímeros apresentam vantagens técnicas como boa conformabilidade com alta precisão e peso específico menor. As resinas plásticas também podem ser utilizadas para moldar micro e nanoestruturas e integrar funções óticas a componentes mecânicos. Estas vantagens tecnológicas abrem várias aplicações potenciais para os plásticos na área da ótica (MÜLLER, 2005).

Estudos estabeleceram que o aumento controlado da cristalinidade térmica do polímero pode resultar na obtenção de boas propriedades óticas de claridade. As relações entre o grau de estiramento, temperatura de orientação, temperatura de cristalização, cinética de cristalização, e efeitos sobre as propriedades físicas e óticas, têm sido documentadas neste sentido. A tensão de cristalização induzida relaciona o desenvolvimento orientado das fases cristalina e amorfa, sendo que as cadeias poliméricas tendem a ser mais aleatórias (estado máximo de entropia). A habilidade de um polímero de voltar

à sua dimensão de ligação original pode resultar também no desenvolvimento de restauração da sua força. Esta força é resultado da mudança de entropia ocorrida, sendo que o encolhimento aumentado da desorientação da fase amorfa leva a estrutura para um estágio mais aleatório de conformação (MODY et al., 2001).

Enfim, a demanda por transparência é uma tendência dos consumidores, sendo que as propriedades de barreira devem combinar com uma boa visibilidade do produto. O grau de transparência do filme dependerá da estrutura do polímero utilizado (se mais amorfo, será mais transparente e, se mais cristalino, será mais translúcido) e da sua espessura. Em alguns casos, há necessidade também de boas características de resistência mecânica e térmica, mas sempre associadas à boa transparência da embalagem final (LANGE e WYSER, 2003).

A opacidade e o brilho de um material plástico não estão diretamente relacionados com a estrutura química ou massa molecular, mas são principalmente determinados pela morfologia do polímero. As propriedades de aparência óptica são de dois tipos: propriedades morfológicas, que se correlacionam com a opacidade, e as propriedades superficiais, que produzem a refletância especular e a refletância atenuada (SARANTÓPULOS et al, 2002).

Uma embalagem plástica com elevado brilho e transparência constituem-se numa ferramenta valiosa para o setor de “marketing”, que busca sempre uma boa apresentação visual do produto. Por outro lado, muitas vezes a proteção contra a incidência de luz se faz necessária, por se tratar do acondicionamento de produtos sensíveis a reações de deterioração catalisadas pela luz (SARANTÓPULOS et al, 2002).

3.2.6 Processo de Extrusão Balão ou Extrusão de Filmes(Sopro)

O equipamento utilizado para produção de filmes é a extrusora. Ela tem a função de transformar o polímero sólido em fundido, plastificar e homogeneizar o material e finalmente gerar pressão suficiente para força-lo através de uma matriz (ROCHA et al., 2001).

O processo de fabricação de filmes soprados é simples (Figura 03). O polímero em forma de grânulos é depositado em um funil, que irá alimentar a extrusora. Dentro da rosca, o calor e a fricção transformam os grânulos em massa fundida; a massa é empurrada por um cabeçote e vai se formando um tubo, através de uma matriz anelar. Uma “bolha” é então formada, cujas paredes são estiradas na circunferência pelo ar injetado e na vertical, pelos rolos puxadores, ao mesmo tempo são resfriadas (linha de resfriamento), conferindo então ao filme soprado uma orientação biaxial (DOW QUÍMICA, 2000).

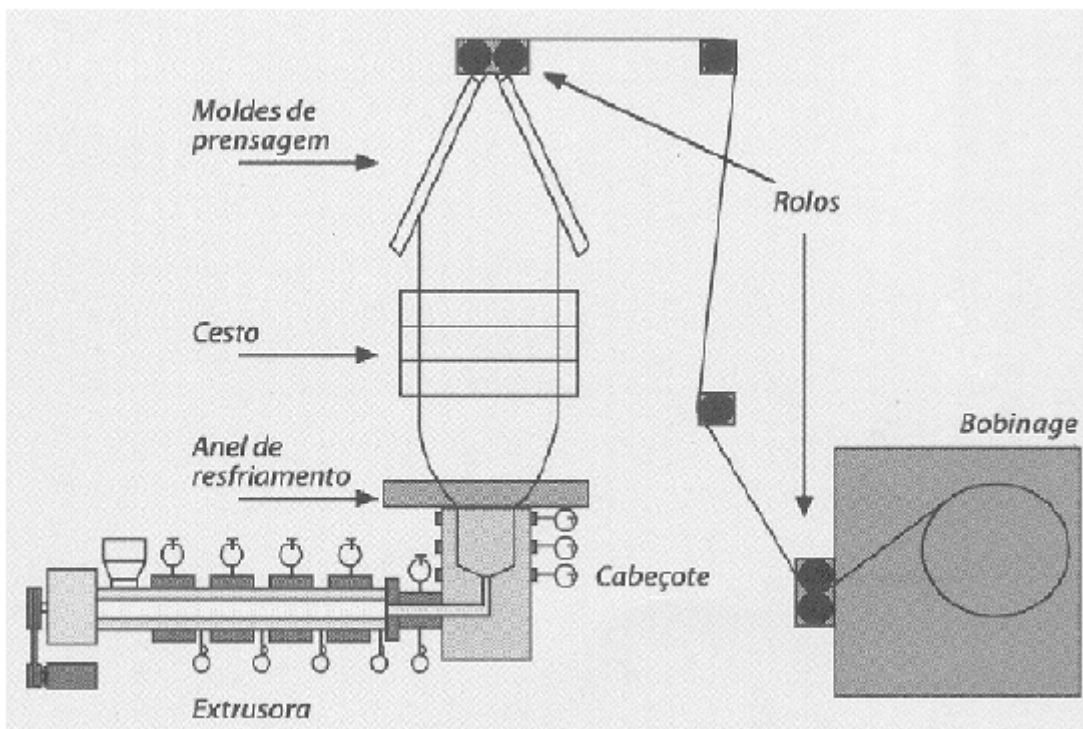


Figura 03 Esquema de uma extrusora de sopro para filmes. (DOW QUÍMICA, 2000)

A linha de resfriamento (Figura 04) é o ponto do balão a partir do qual o polímero fundido começa a esfriar. No caso de polietileno de baixa densidade ou linear de baixa densidade, a aparência pode mudar: ela se torna mais translúcida acima da linha de resfriamento.

As características finais de um filme são determinadas pelo que ocorre no setor entre saída do cabeçote e os rolos puxadores.

A morfologia de um filme não é apenas o resultado das características

do polímero, mas também está relacionada com o esforço de cisalhamento e com a orientação que as moléculas sofrem quando passam pela matriz da extrusora de sopro. A taxa de resfriamento durante o processo de extrusão afeta significativamente a nucleação e o crescimento de cristais e retém em maior ou menor medida a orientação das moléculas. Por esta razão, considera-se que as variações na morfologia dos filmes produzidas com diferentes condições de fabricação tem um impacto importante nas propriedades finais de um filme (DOW QUÍMICA, 1999).

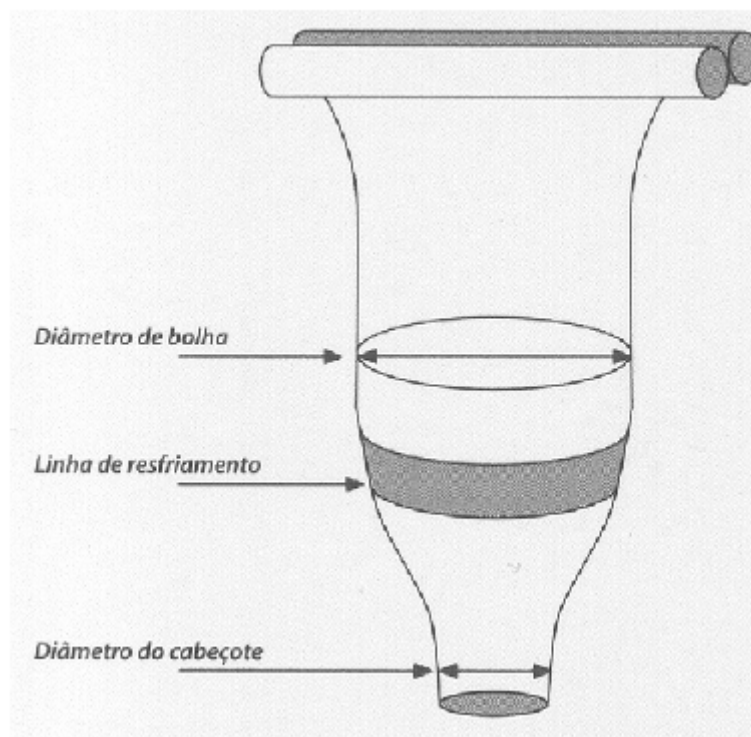


Figura 04 Esquema de uma bolha de polietileno de baixa. (DOW QUÍMICA, 2000)

4 PROCEDIMENTO EXPERIMENTAL

4.1 Materiais

4.1.1 Polietileno

Para este estudo foi utilizado um polietileno de baixa densidade da *Braskem S.A.*, de grade comercial F 2523, doado pela empresa *Norpack Indústria e Comércio de Produtos Plásticos Ltda.* Segundo dados da ficha técnica do fabricante, este polietileno apresenta índice de fluidez de 2,5 g/10

mim e densidade de 0,923 g/cm³. A escolha do polímero para este estudo deve-se a sua maior utilização na empresa Norpack. A ficha técnica do material encontra-se no Anexo 1.

4.1.2 PEBD Recuperado

Foi utilizado como material recuperado o refile, apara gerada durante o acabamento final dado ao filme tubular, que se transforma em 2 ou mais bobinas de filme folha simples. Este material, também doado pela Norpack, encontra-se em forma de tiras finas de filme de aproximadamente 20mm de largura no qual não foi acrescido nenhum aditivo.

4.2 Métodos

4.2.1 Preparação do recuperado do filme de PEBD

Antes da produção dos filmes, o PEBD recuperado na forma de aparas foi picotado e compactado na Norpack, e depois submetido a extrusão visando obtenção de grânulos. A extrusão foi realizada na Faculdade do Senai CIMATEC e para isso utilizou-se uma extrusora dupla rosca modular co-rotante fabricada pela Imacom, modelo DRC 30:40 IF, com diâmetro de rosca de 30 mm e razão L/D = 40, e perfil de temperatura segundo Tabela 01.

Tabela 01 Perfil de temperatura na extrusão

Temperatura (°C)	Z1	Z2	Z3	Z4	Z5	Z6	Z7	Z8	Z9	Cabeçote	Fundido
	165	170	175	180	190	195	195	198	200	200	190

4.2.2 Preparação das misturas

A mistura com o PEBD virgem e o PEBD recuperado foi realizada de forma manual. As concentrações foram escolhidas baseadas na utilização do PEBD F2523 pela Norpack. Utilizou-se, para cada formulação 1Kg de material. As misturas foram feitas nas concentrações demonstradas na Tabela 02.

Tabela 02 Formulações

Amostra	PEBD (%)	PEBD Recuperado (%)
PEv	100	0
PE/25PEr	75	25
PE/50PEr	50	50
PE/75PEr	25	75
PEr	0	100

4.2.3 Extrusão do filme para fabricação dos corpos de prova

Os corpos de prova foram retirados de filmes que foram extrudados na Faculdade do Senai CIMATEC em um extrusora da marca Imacon, modelo IM.25.LD.26, e perfil de temperatura segundo Tabela 03. As dimensões nominais do filme foram: espessura de 0,04 mm, e largura total de 300mm. As amostras foram retiradas na direção longitudinal do filme pois garantiu melhor homogeneidade na espessura.

Tabela 03 Parâmetros de extrusão.

Temperatura	Zona 1	Zona 2	Zona 3	Zona 4
	180° C	175° C	170° C	160° C

4.3 Ensaios

4.3.1 Ensaio de brilho – Glossmeter

Foram realizados ensaios ópticos de brilho seguindo a norma ASTM D1455 em máquina de ensaios Horiba IG 320 60°, na Unigel Plásticos. Para os ensaios de Glossometer, foi utilizado uma placa preta para a calibração do aparelho.

4.3.2 Ensaio de Transmitância

A transmissão de luz especular é um valor de transmitância obtido quando se mede apenas o fluxo de luz transmitido na mesma direção do feixe incidente, ou seja, com dispersão menor do que um grau. Este ensaio foi realizado em um Espectrofotômetro X-Rite CI5, na Unigel Plásticos, seguindo norma ASTM D1003.

4.3.3 Ensaio de Haze

O Haze é o valor de transmissão de luz obtido quando se mede apenas o feixe de luz transmitido, que sofre uma dispersão superior a 2,5° em relação à direção do feixe de luz incidente. Este ensaio foi realizado em um Espectrofotômetro X-Rite CI5, na Unigel Plásticos, segundo a norma ASTM D1003.

4.3.4 Índice de Amarelecimento – IA

O índice de amarelecimento é um valor numérico que indica o grau partindo do branco em direção ao amarelo. O índice de amarelecimento foi obtido segundo a norma ASTM D1925 em um equipamento Espectrofotômetro X-Rite CI5 na Unigel Plásticos.

Em todos os ensaios utilizou-se 5 corpos de prova que foram acondicionados em um ambiente a 23°C com umidade relativa em torno de 53% por 48 horas antes dos ensaios.

5 RESULTADOS E DICUSSÕES

Os ensaios foram realizados com o objetivo de identificar a melhor proporção de material recuperado que pode ser utilizado junto com o PEBD virgem, sem que sofra alterações significativas em suas propriedades ópticas. Serão apresentados nesse tópico os resultados obtidos com a pesquisa.

5.1 Ensaio de brilho – Glossmeter

A Figura 05 e a Tabela 04 apresentam o comportamento do brilho nas formulações quando submetidas ao ensaio de Glossmeter. Tomando como base os resultados obtidos na formulação do PEv onde o material é 100% virgem, a adição de 25% de recuperado de PEBD não alterou praticamente nada o brilho do filme, tendo uma variação de somente 10%.

Ao analisar os resultados das demais misturas fica evidente que a perda da propriedade de brilho é muito grande quando adicionamos a partir de 50% de recuperado comparado a formulação do PEv onde o material é 100% virgem. Em condições semelhantes Turton e White (2001) observaram a formação de fissuras superficiais no PEBD reprocessado, também causando um efeito opaco.

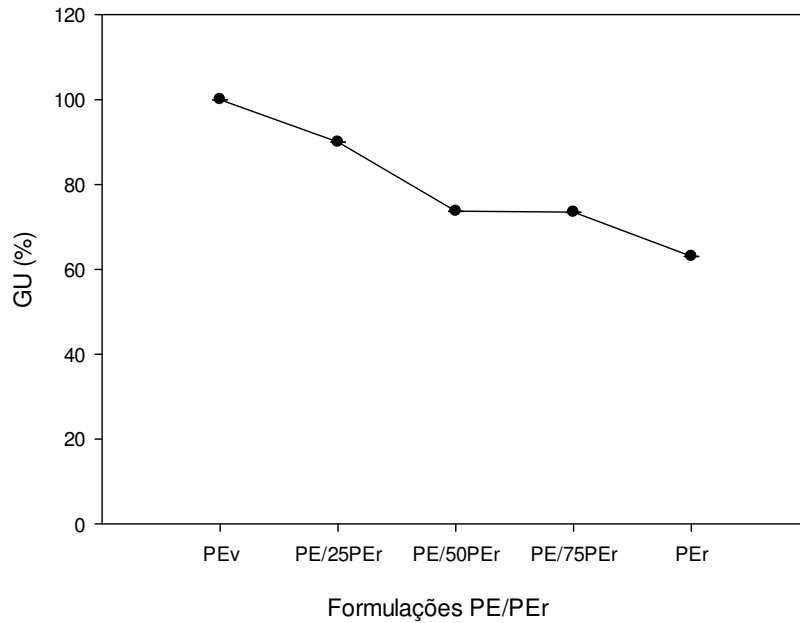


Figura 05- Valores do Glossmeter das amostras ensaiadas

Tabela 04 - Valores do Glossmeter das amostras ensaiadas

Gloss						
Amostra	Teste 1	Teste 2	Teste 3	Teste 4	Teste 5	Média
PEv	100,01	99,98	99,99	100,03	100,00	100,00
PE/25PEr	89,94	90,01	90,03	89,97	89,92	89,97
PE/50PEr	73,78	73,75	73,70	73,73	73,68	73,73
PE/75PEr	73,54	73,46	73,52	73,50	73,45	73,49
PEr	63,15	63,04	63,07	63,04	63,09	63,08

5.2 Ensaio de Transmitância

A Figura 06 e a Tabela 05 apresentam os resultados do ensaio de transmitância. Nota-se que adição de recuperado influencia diretamente na passagem do fluxo de luz transmitido. Comparando o filme com o PEBD puro e o filme com 25% e 50% de PEBD recuperado verifica-se uma variação de aproximadamente 7%. Comparando o filme com 25% e 50 %PEBD recuperado com o filme 100% PEBD recuperado percebe-se um aumento de 100% ou seja, a dificuldade de passagem de luz é dobrada.

Nota-se também que adição de 75%(PE/75PEr) e 100%(PEr) de recuperado de PEBD se distância muito do PEv onde possui 100% de PEBD virgem, o que comercialmente falando perde valor por não possuir boa transparência. Ficou claro que a adição de material recuperado modifica esta propriedade.

Segundo Peacock (2000), a rugosidade influencia diretamente na opacidade, ou seja, na falta de brilho e transparência do filme e o aumento da mesma está ligada ao reprocessamento do polietileno.

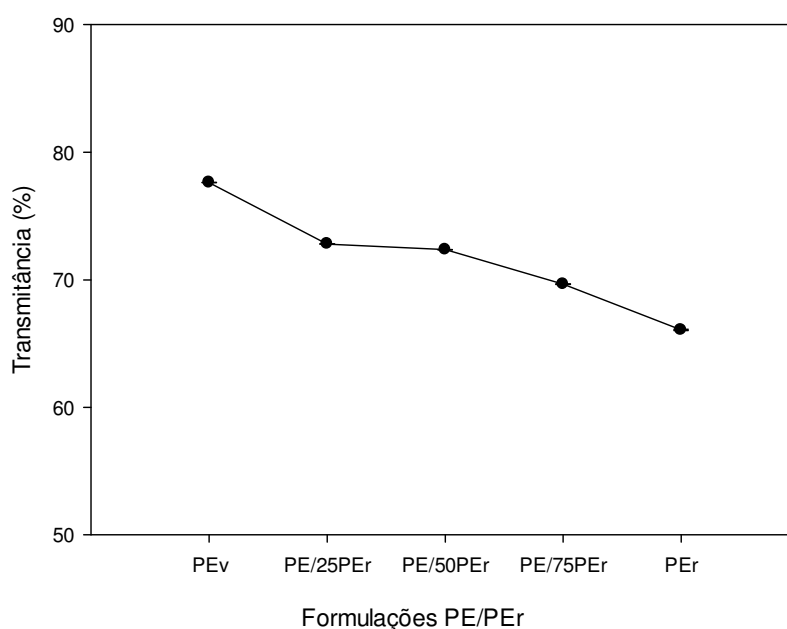


Figura 06- Valores da transmitância das amostras ensaiadas

Tabela 05- Valores da transmitância das amostras ensaiadas

Transmitância						
Amostra	Teste 1	Teste 2	Teste 3	Teste 4	Teste 5	Média
PEv	77,63	77,58	77,65	77,62	77,64	77,62
PE/25PEr	72,79	72,83	72,84	72,79	72,81	72,81
PE/50PEr	72,33	72,35	72,38	72,39	72,38	72,37
PE/75PEr	69,71	69,63	69,67	69,62	69,66	69,66
PEr	66,14	66,02	66,11	66,01	66,03	66,06

5.3 Ensaio de HAZE

A Figura 07 e a Tabela 06 demonstram que em todas as adições de recuperado de PEBD houve um aumento significativo das impurezas. Comparando o filme com 25% de PEBD recuperado com o filme de PEBD puro há um aumento de aproximadamente 50% nas impurezas, e comparando também o PEv com o PEr, nota-se que o recuperado difere em mais de 124% de impurezas quando comparado ao virgem. Uma possível justificativa para tal efeito é o efeito degradativo causado pelo reprocessamento, aumentando a oxidação do polímero e originando pontos de géis, pequenas retículas que podem fragilizar o filme dando um aspecto pouco aprazível (SOLUÇÕES DOW, 2000).

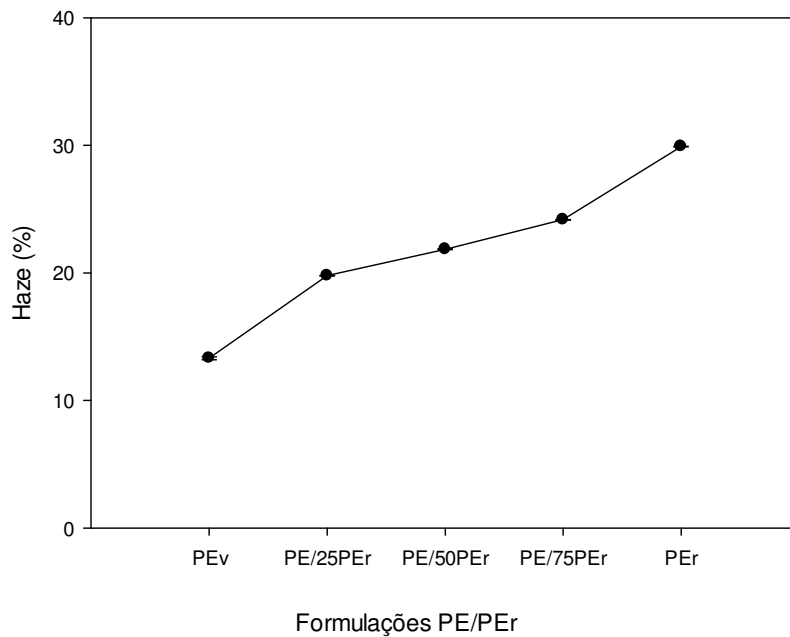


Figura 07- Valores do HAZE das amostras ensaiadas

Tabela 06- Valores do HAZE das amostras ensaiadas

Haze						
Amostra	Teste 1	Teste 2	Teste 3	Teste 4	Teste 5	Média
PEv	13,50	13,02	13,33	13,31	13,35	13,30
PE/25PEr	19,81	19,78	19,74	19,80	19,79	19,78
PE/50PEr	21,87	21,88	21,82	21,91	21,80	21,86
PE/75PEr	24,23	24,15	24,18	24,14	24,16	24,17
PEr	29,90	29,88	29,93	29,89	29,94	29,91

5.4 Índice de Amarelecimento – IA

A Figura 08 e a Tabela 07 demonstram que em todas as formulações houve um aumento no amarelecimento dos filmes. Comparando a PEv com as formulações do PE/PEr25, PE/PEr50 PE/PEr75 esse aumento não passou de 10%, porém o PEr alcançou uma diferença de 30%, 3 vezes mais comparado as outras misturas. Este efeito pode estar relacionado a termodegradação sofrida pelo polímero quando submetido a novos ciclos de processamento causando no material a formação de géis e conseqüentemente amarelecimento nos filmes(SOLUÇÕES DOW, 2000).

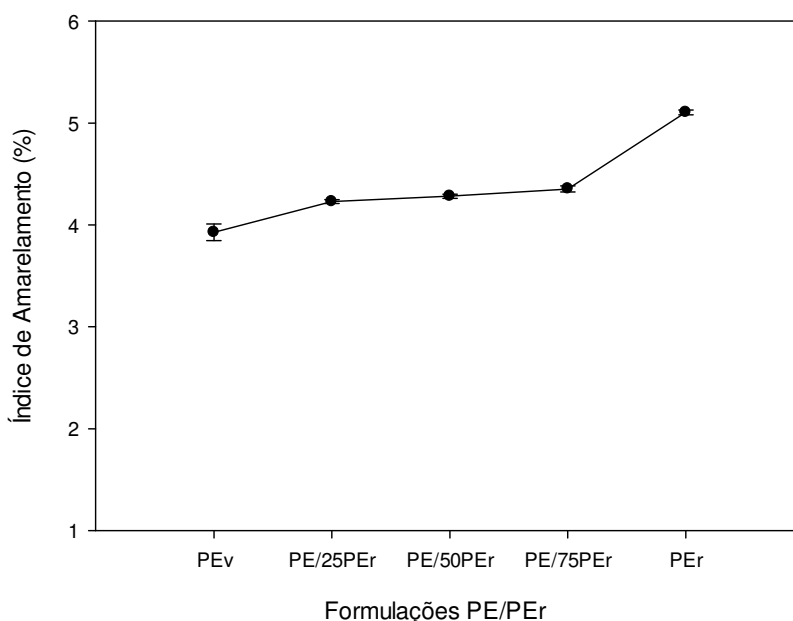


Figura 08- Valores do IA- índice de amarelecimento das amostras ensaiadas

Tabela 07- Valores do IA- índice de amarelecimento das amostras ensaiadas

IA - Índice de Amarelecimento						
Amostra	Teste 1	Teste 2	Teste 3	Teste 4	Teste 5	Média
PEv	3,78	4,03	3,97	3,87	3,99	3,93
PE/25PEr	4,25	4,19	4,25	4,24	4,22	4,23
PE/50PEr	4,27	4,32	4,29	4,29	4,24	4,28
PE/75PEr	4,39	4,35	4,32	4,39	4,32	4,35
PEr	5,05	5,11	5,13	5,13	5,10	5,10

5.5 JUSTIFICATIVA PARA OS RESULTADOS

O termo degradação pode ser definido como uma série de reações químicas envolvendo também ruptura das ligações da cadeia principal da macromolécula. Durante o processo pode haver degradação térmica, mecânica e oxidativa. Em todos os casos forma-se quebra de cadeias, macroradicaís que são muito reativos, dando origem a várias reações que podem levar a formação de ramificações, reticulação (géis), redução de peso molecular e etc. Dentre todos os tipos de degradação o mais importante é a oxidação, e pode ser iniciada por vários meios, especialmente por altas temperaturas (RABELLO, 2007).

As consequências gerais da oxidação de materiais poliméricos podem ser generalizadas como: alteração nas propriedades reológicas, perda de propriedades mecânicas, desenvolvimento de odor e alterações nos aspectos superficiais como amarelamento, fissuramento, perda de brilho e perda transparência (RABELLO, 2007).

6 IMPORTÂNCIA COMERCIAL

Considerando os resultados obtidos, verificou-se que o uso de PEBD recuperado para produção de filmes altera as propriedades ópticas dos filmes. No entanto, a depender da aplicação ao qual será destinado o filme, o uso de

25% de PEr pode se tornar viável já que não foi evidenciada alterações significativas no brilho.

7 CONTRIBUIÇÕES

Com os resultados aqui apresentados as Indústrias de Transformação de Plásticos no segmento de embalagem terá uma compreensão da influência da adição de PEBD recuperado nas propriedades ópticas do PEBD, determinando assim se poderão fazer alguma alteração em seus produtos a fim de reduzirem custos. Esta pesquisa permite analisar várias possibilidades de pesquisas futuras, o que poderá enriquecer a literatura existente que é escassa.

8 CONCLUSÕES

As análises ópticas demonstraram que a adição de PEBD recuperado modificam algumas de suas propriedades.

Os resultados mostraram que, para aplicações onde se exige brilho e transparência, o PEBD deve ser utilizado puro. Filmes obtidos com 25% de PEBD recuperado não sofreram alterações significativas nas propriedades ópticas avaliadas, podendo este percentual ser utilizado como componentes nas formulações de filmes a depender da aplicação a qual será utilizado.

9 ATIVIDADES FUTURAS DE PESQUISA

- Variação de parâmetros de processamento na extrusão;
- Utilização de máquinas com controle eletrônico de espessura;
- Estudo de outras proporções de mistura;
- Extrusão balão em uma coextrusora para comparação com uma extrusora simples;
- Estudos das propriedades mecânicas de filmes utilizando PEr.

10 REFERÊNCIAS

ABIPLAST. Associação Brasileira da Indústria do Plástico. **Perfil 2012**. Indústria Brasileira de Transformação de Material Plástico. São Paulo, SP, 2012.

American Society for testing materials. ASTM D4976: **Standard Specification** for Polyethylene Plastics Molding and Extrusion Materials, 2006. (ASTM D4976, 2006)

ANON, M.C. **Curso básico intensivo de plásticos (C.B.I.P.)**. Jornal de Plásticos. Niterói, 1997

ASTM D1925 (1996). **Standard Test Method** for Yellowness Index of Plastics. Philadelphia: *American Society for Testing and Materials*.

ASTM D1455 - 87(2008) **Standard Test Method** for 60° Specular Gloss of Emulsion Floor Polish.

ASTM D1003 - 11e1 **Standard Test Method** for Haze and Luminous Transmittance of Transparent Plastics

ASTM D1709 - 09 **Standard Test Methods** for Impact Resistance of Plastic Film by the Free-Falling Dart Method

ASTM D882 - 12 **Standard Test Method** for Tensile Properties of Thin Plastic Sheeting

ASTM D1922 - 09 **Standard Test Method** for Propagation Tear Resistance of Plastic Film and Thin Sheeting by Pendulum Method

ASTM D1238 - 10 **Standard Test Method** for Melt Flow Rates of Thermoplastics by Extrusion Plastometer

Azizi, H.; Ghasemi, I. & Karrabi, M. – **Polym. Test.**, 27, p.548 (2008)

BANZA, J. M. Embalagem não fala, mas vende: atrair o consumidor e proteger o produto são os principais atributos da embalagem. **IMAM (Instituto de Movimentação e Armazenagem de Materiais) Consultoria Ltda**. Artigo via e-mail acessado em 01/04/2012 às 16:15h.

CANEVAROLO JR, S. V. **Ciência dos polímeros: um texto básico para tecnólogos engenheiros**. São Paulo: Artliber Editora, 2006. (CANEVAROLO, 2006)

COUTINHO, F. M. B.; MELLO, I. L.; SANTA MARIA, L. C. Polietileno: principais tipos, propriedades e aplicações. **Polímeros: Ciência e Tecnologia**, vol. 13, nº 1, p. 1-13, 2003.

Dent, I. - **Plastic Packaging Recycling**, 3p. (1999).

DE PAOLI, M. A. **Degradação e estabilização de polímeros**. 2ª. versão on-line. Editado por Antonio Santos, 2012. Disponível em: <http://www.chemkeys.com/bolg/wp-content/uploads/2008/09/polimeros.pdf>. Em 03 fev 2012. (DE PAOLI, 2012)

Duchin, F. & Lange, G. M. - **Structural Changes and Economic Dynamics**, 9, p.307 (1998).

Efeitos e Variáveis Verificadas durante a Fabricação de Filmes com Mistruras de Dowlex™ e PEBD em Relação a propriedades Físicas e de Selagem, PE **News America Latina nº 3**, Dow Química, Janeiro, 1999.

FORLIN, F. J.; FARIA, J. A. F. Considerações sobre a reciclagem de embalagens plásticas. **Polímeros: Ciência e Tecnologia**, vol. 12, nº 1, p. 1- 10, 2002

GUERRINI, L. M.; PAULIN Fº, P. I.; BRETAS, R. E. S.; BERNARDI, A. CAPÍTULO VII - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS Correlação entre as propriedades reológicas, óticas e a morfologia de filmes soprados de LLDPE/LDPE. **Polímeros: Ciência e Tecnologia**, vol. 14, nº 1, p. 38-45, 2004.

GORNI, A. A. O parque brasileiro de máquinas para transformação de plásticos. **Plástico Industrial**, São Paulo, Aranda Editora, Ano IX - Nº 98, p. 50-99, out. 2006.

Haigh, B. - **Plastic Packaging Recycling**, 4p. (1999).

JOHNSON, K. R. Indicators of industry profile and distribution of plastic companies. Valor Setorial. **The Plastics Industry**, São Paulo, p. 48-50, oct. 2004.

Kuznesof, P. M. & Vanderveer, M. C. “**Recycled plastics for food-contact applications**”, in : *Plastics, rubber, and paper recycling*, cap. 32, American Chemical Society, New York (1995).

LANGE, J.; WYSER, Y. Recent innovations in barrier technologies for plastic packaging - a review. **Packaging Technology and Science**. John Wiley & Sons Ltd, 2003, 16:149-158.

LEGUENZA, E. L. **Influência do negro de carbono (carbon black) nas propriedades dielétricas do polietileno envelhecido sob radiação UV**, Curitiba, 1999. Dissertação (Mestrado em física), Universidade Federal do Paraná.

FRANCHETTI, S., MARCONATO J.; “**A Importância das Propriedades Físicas dos Polímeros na Reciclagem**” São Paulo, Brasil, nº 18, novembro 2003

Ministério da Saúde / Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Regulamento Técnico - **Disposições Gerais para Embalagens e Equipamentos Plásticos em Contato com Alimentos**. Resolução n. 105, de 19 de maio de 1999 - Diário Oficial da União, 20 de maio (1999).

McLeish, T. C. – **Curr. Opin. Sol. St. M**, 2, p.678 (1997).

MODY, R.; LOFGREN, E. A.; JABARIN, S. A. Shrinkage behavior of oriented poly (ethylene terephthalate). **Polymer Institute**. University of Toledo, Ohio. Nov. 2001.

MÜLLER, W. Plásticos com alto grau de integração funcional substituem vidro na fabricação de peças ópticas. **Plástico Industrial**, São Paulo, Aranda Editora, Ano VII - N° 81, p. 104-111, mai. 2005.

Peacock, A. J., **Handbook of polyethylene: structure, properties and applications**, Marcel Dekker Inc., New York (2000).

PECHMANN, H. V. 1898 apud PEACOCK, A. J. **Handbook of polyethylene: structure, properties and applications**. Nova Iorque: Marcel Dekker, 2000.

RABELLO, M. **Aditivação de Polímeros**. São Paulo: Arliber Editora, 2000.

ROMAN, A. **Polietileno PEBD: processo de transformação**. São Paulo: Érica, 1997.

ROCHA, M. C. G., SILVA A. L. N., GUIMARÃES M. J. O. C., LOVISI, H., COUTINHO, F. M. B., SANTA MARIA, L. C., **Desenvolvimento de Materiais à Base de Poliolefinas e Elastômeros Metalocênicos**, *Polímeros: Ciência e Tecnologia* 11, nº3, 135-141, 2001.

SARANTÓPULOS, C. G. L., OLIVEIRA, L. M., PADULA, M., COLTRO, L., ALVES, R. M. V., GARCIA, E. E. C., **Embalagens Plásticas Flexíveis: Principais Polímeros e Avaliação de Propriedades**, CETEA – Centro de Tecnologia de Embalagens, São Paulo, 2002.

Shrivram, D.; **International Symposium on Biodegradation Polymers**, Hyderabad, Índia, 2001

Site oficial da Braskem. Disponível em: <http://www.braskem.com.br> . Acesso em 10 fev 2012 (BRASKEM, 2012)

SOARES, E. P.; NUNES, E. C. D.; SAIKI, M.; WIEBECK, H. Caracterização de polímeros e determinação de constituintes inorgânicos em embalagens plásticas metalizadas. **Polímeros: Ciência e Tecnologia**, vol. 12, nº 3, p. 206-212, 2002.

Soluções Dow: **Caracterização de géis em filmes de polietileno**, PE News America Latina nº11, Dow Química, Agosto, 2000.

Sopro de Filmes: **Solução para Possíveis Problemas Decorrentes da Extrusão**, PE News America Latina nº 9, Dow Química, Fevereiro, 2000.

Spinacé, M. A. S.; De Paoli, M. A. ; *Quim. Nova* **2005**, 28, 65

SPIRGATIS, J.; WORTBERG, J. Versatilidade e flexibilidade: os novos requisitos para a produção de filmes tubulares. **Plástico Industrial**, São Paulo, Aranda Editora, Ano IV - N° 47, p. 62-75, jul. 2002.

T.J. Turton, J.R. White, **Polym. Degrad. Stab.** 74 (2001).

Varma, A. J.; *Polym. Degrad. Stab.***1999**, 63, 1.

Ward, I.; Hadley, D. W. – “**Mechanical properties of solid polymers**”, John Wiley & Sons, England (1993).

11 ANEXO 1:



Folha de dados

Revisão 5 (Ago/12)

Polietileno de Baixa Densidade F2523

Descrição:

O F2523 é uma resina produzida sob alta pressão, em reator autoclave. Apresenta como características de destaque: boa processabilidade e ótimas propriedades óticas nos filmes obtidos.

Aditivação:

- Deslizante
- Antibloqueio

Aplicações:

Empacotamento automático para produtos diversos; filmes de alta transparência.

Processo:

Extrusão de Filmes Tubulares

Propriedades de controle:

	Método ASTM	Unidades	Valores
Índice de Fluidez (190/2,160)	D 1238	g/10 min	2,5
Densidade	D 792	g/cm ³	0,923

Propriedades Típicas:

Propriedades de Referência do Filme Soprado^a

	Método ASTM	Unidades	Valores
Tensão de Ruptura (DM/DT)	D 882	MPa	30/20
Alongamento de Ruptura (DM/DT)	D 882	%	230/930
Resistência ao Impacto de Dardo	D 1709	g/F50	60
Resistência ao Rasgo Elmendorf (DM/DT)	D 1922	gF	ND ^b /110
Opacidade	D 1003	%	6
Brilho - Ângulo 60°	D 2457	%	110

(a) Filme de 25 µm de espessura, obtido em extrusora de 40 mm, com razão de sopro de 2,2:1 (DM = Direção de Extrusão e DT = Direção Transversal à Extrusão);

(b) Não Determinado

Condições de Processamento Recomendadas:

Extrusão de Filmes Tubulares

Rosca - relação L/D, 16 a 30:1

Razão de compressão, 3 a 4:1

Observações Finais:

1. Esta resina atende à regulamentação FDA (Food and Drug Administration) para polímeros olefinicos do CFR 21 seção 177.1520, vigente na data de publicação desta especificação. Os aditivos presentes são sancionados por regulamentação apropriada do FDA. Os aditivos presentes são sancionados por regulamentação apropriada do FDA.
2. As informações aqui contidas são dadas de boa fé, indicando valores típicos obtidos em nossos laboratórios, não devendo ser consideradas como absolutas ou como garantia. Apenas as propriedades e os valores que constam do certificado de qualidade devem ser considerados como garantia do produto.
3. Em algumas aplicações, a Braskem tem desenvolvido resinas tailor-made para alcançar características específicas.
4. Em caso de dúvida na utilização ou para discutir outras aplicações, entre em contato com a Área de Serviços Técnicos.
5. Para informações de segurança, manuseio, proteção individual, primeiros socorros e disposição de resíduos, consultar a FISPQ - Folha de Informações de Segurança de Produtos Químicos. Número de registro no CAS: 009002-88-4.
6. Os valores constantes nesse documento poderão sofrer alterações sem comunicação prévia da Braskem.
7. A Braskem não recomenda o uso desse produto para fabricação de embalagens, peças ou qualquer outro tipo de produto, que será utilizado para o armazenamento ou contato com soluções parenterais ou que terá qualquer tipo de contato interno com o corpo humano.
8. As informações aqui contidas cancelam as anteriormente emitidas para este produto.
9. Esta resina não contém a substância Bisfenol A (BPA, CAS#80-05-7) em sua composição.