

## GESTÃO E CARACTERIZAÇÃO DOS RESÍDUOS PLÁSTICOS DOMÉSTICOS RECICLÁVEIS ORIUNDOS DE POSTO DE ENTREGA VOLUNTÁRIA

C.L. Carvalho; D.S. Rosa\*

Universidade São Francisco, Programa de Pós-Graduação em Engenharia e Ciência dos Materiais, Laboratório de Polímeros Biodegradáveis e Soluções Ambientais, Rua Alexandre Rodrigues Barbosa, 45, 13251-900, Itatiba, SP

Recebido: 26 de agosto de 2004; Revisado: 16 de abril de 2005

Palavras-chave: Resíduos Sólidos Domiciliares, Reciclagem, Poliolefinas, Blendas.

### RESUMO

O presente trabalho tem por finalidade apresentar a metodologia e os resultados da caracterização dos tipos de materiais encontrados nos Resíduos Plásticos Domésticos Recicláveis (RPDR) recebido pela Cooperativa de Profissionais que Desenvolve Trabalho com Materiais Recicláveis Tietê por meio de Posto de Entrega Voluntária (PEV) na cidade de São Paulo. Entre os RPDR, o papel e papelão apresentam-se em maior quantidade seguida pelos plásticos (rígidos e filmes). O poli (terefalato de etileno) (PET) é o material com maior porcentual em massa, seguido pelas poliolefinas (polietileno e polipropileno). A caracterização volumétrica dos resíduos sólidos plásticos foi avaliada, sendo que se constatou uma menor densidade aparente do PET em comparação com o polietileno de alta densidade (PEAD). Blendas de PEAD e polipropileno (PP) foram preparadas em diferentes proporções, em massa, e os resultados mecânicos mostraram um comportamento de resistência à tração e módulo de elasticidade similares aos polímeros puros pós-consumo e material virgem, enquanto que as blendas 50PEAD/50PP e 25/75 apresentaram redução no alongamento na ruptura quando comparado com estes valores. Nessa propriedade a composição 75/25 apresentou valor muito superior as demais.

### ABSTRACT

The aim of the present work has as objective to show the methodology and the results of the finding materials on Domestic Plastic Residues Recycle (RPDR), received by the "Cooperativa de Profissionais que Desenvolve Trabalho com Materiais Recicláveis Tietê" afterward the Voluntary Delivery Localization (PEV) in São Paulo city. Between the RPDRs, the paper and "cardboard" presented itself in more quantity, followed by plastics (tough and films). The poly (ethylene terephthalate) (PET) is the most percentage material in mass, followed by the polyolefin's (polyethylene e polypropylene). The volumetric characterization of the solid plastics residues was evaluated and it has been evidenced a lower apparent density of PET, comparing with high density polyethylene (HDPE). Blends of HDPE and polypropylene (PP) were prepared in different proportions, in mass, and the mechanic results showed a Tensile Strength and Elasti-

city Modulus similar to the pure polymeric residues and virgin material. The blends 50/50 and 25/75 also presented reduction in the elongation at break of its rupture when compared with these values. According to this property the 75 HDPE /25PP blend presented values much higher than the others.

### 1. INTRODUÇÃO

A cidade de São Paulo é a maior cidade da América Latina (150.900 Ha) e a 2ª em população (10.434.252 hab), após a cidade do México. É considerada uma das cinco maiores áreas metropolitanas de todo o mundo. É o maior mercado consumidor e produtor do país e capital de um dos mais desenvolvidos estados de todo o mundo [1]. No Brasil o aspecto institucional e legal do manejo dos Resíduos Sólidos (RS) é do Ministério do Meio Ambiente e da CETESB, em níveis federal e estadual, respectivamente. Esses organismos são responsáveis pela normalização, supervisão e controle, sendo que os municípios são responsáveis pela gestão, execução e financiamento. Os RS conforme a Associação Brasileira de Normas Técnicas – ABNT (1987), NBR 10.004 são classificados em: Resíduos Perigosos – Classe I, Resíduos Não Inertes – Classe II e Resíduos Inertes – Classe III. As propriedades dos materiais estão classificadas no Tabela 1.

**Tabela 1 - Classificação dos Resíduos Sólidos, conforme as propriedades dos materiais**

Classe I	Classe II	Classe III
Inflamável, corrosivo, reatividade, toxicidade e patogenicidade.	Combustibilidade, biodegradabilidade, solubilidade em água.	Insolúveis em água. Exemplos: Plásticos, vidro, borracha, tijolo, rochas.

No Brasil, são produzidas aproximadamente 250.000 t/dia de Resíduo Sólido Urbano (RSU), sendo cerca de 90.000 toneladas são de Resíduo Sólido Doméstico [2-4], dispostos de três formas:

\* derval.rosa@saofrancisco.edu.br

- Lixão ou vazadouro – simples descarga do lixo<sup>1</sup> a céu aberto. Nesta forma, ocorre a percolação de líquidos (chorume) oriundo da decomposição, liberação de gases para a atmosfera e a proliferação de insetos, roedores e outros animais que transmitem doenças ao homem. O Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) de 2002 aponta que 70% dos municípios brasileiros utilizam deste método inadequado e ilegal de disposição do RSU.[2]
- Aterro controlado - apenas diferencia dos lixões na exposição a céu aberto do lixo, ou seja, periodicamente é feita uma cobertura com uma camada de terra.
- Aterro sanitário - é considerado o método mais adequado de disposição final, onde são considerados: a entrada do tipo de resíduo, captação e armazenamento do chorume para posterior tratamento, estudo do impacto ambiental para a instalação do aterro, compactação e cobertura do resíduo no momento de chegada, impermeabilização do solo, captação dos gases liberados e monitoramento da água subterrânea e superficial, da fauna e flora.

Os aterros sanitários embora eficientes e seguros, apresentam algumas limitações como: a disponibilidade de grandes áreas próximas aos centros urbanos que não comprometam a segurança e o conforto da população; a disponibilidade de material de cobertura diária; condições climáticas de operação durante todo o ano e a escassez de recursos humanos habilitados em gerenciamento de aterros [3].

A taxa média de geração RSD no estado de São Paulo é de 0,4 kg / hab.dia, para cidades de até 100.000 habitantes e atinge 0,6 kg/hab/dia, para cidades acima de 500.000 habitantes [4]. A Tabela 2 apresenta a distribuição do índice de produção de resíduos sólidos domiciliares em relação ao número de habitantes.

**Tabela 2 - Índices de produção de resíduos sólidos domiciliares por Habitante**

POPULAÇÃO (mil hab)	PRODUÇÃO (kg/hab.dia)
Até 100	0,4
100 a 200	0,5
200 a 500	0,6
Maior que 500	0,7

Fonte: Relatório da CETESB/2002 – Inventário Estadual de Resíduos Sólidos Domiciliares

A caracterização de RSD em municípios onde são efetuadas pesagens periódicas das quantidades de lixo gerado ocorre variações significativas, atribuídas às variações naturais de produção, que decorrem de diversos fatores, tais como, tipo de atividade produtiva predominante no município, nível sócio econômico, sazonalidade, nível cultural da população

<sup>1</sup> O significado do termo no passado é tudo o que não presta e se joga fora, sem valor e inútil. O conceito atual é: qualquer resíduo sólido proveniente das atividades humanas e/ou gerado pela natureza em aglomerações urbanas, como folhas, galhos de árvores, terra e areia espalhados pelo vento.

e a existência ou não de programas de coleta seletiva e de conscientização voltados à redução da geração de resíduos [3-5]. De acordo com o inventário realizado pela CETESB, existem 192 municípios do estado de SP que dispõem seus resíduos de forma inadequada e, estima-se que pouco menos de 2000 pessoas sobrevivam como catadores nos aterros e lixões. A composição média do RSD, do município de São Paulo, é apresentada na Tabela 3. O material orgânico representa mais de 50 % da composição do RSD na cidade de São Paulo [6].

**Tabela 3 - Composição média dos RSD's considerando a produção anual de resíduos**

Resíduos	Média ponderada (%)
Matéria Orgânica	57,5
Papel, Papelão e Jornal	11,1
Embalagem Longa Vida	1,3
Embalagem PET	0,7
Isopor	0,3
Plástico Mole	12,3
Plástico Duro	3,5
Metais Ferrosos	1,5
Pilhas e Baterias	0,1
Vidros	1,8
Terra e Pedra	0,7
Madeiras	1,6
Trapos e Panos	3,9
Diversos	1,0
Alumínio	0,7
Borracha	0,3
Outros	1,7

Fonte: Prefeitura do Município de São Paulo LIMPURB/2003

A compostagem pode ser definida como o ato de transformar resíduos orgânicos em uma matéria orgânica mais estável. Essa estabilidade é obtida a partir de dois estágios chamados de fermentação e maturação, obtendo-se substâncias chamadas de compostos, húmus ou matéria orgânica estabilizada. O produto é útil como condicionador do solo agrícola, melhorando suas propriedades químicas, físicas e biológicas. No Canadá estimula-se a compostagem doméstica de resíduos orgânicos. Em algumas províncias, a compostagem é obrigatória para cidades com mais de 50.000 habitantes e em outras, foi banido o recebimento de resíduos orgânicos nos locais de disposição de resíduos [7].

A caracterização dos RSD contribui para a gestão dos RS. A contribuição é no planejamento de implantação e manutenção de centros de reciclagem, disposição final, aproveitamento energético e na implantação de política pública para o financiamento. Os resultados obtidos nos PEVs diferenciam na composição dos RSD com materiais orgânicos e na presença de materiais não recicláveis apresentados na Tabela 3. A redução de qualidade do material reciclado depende de vários fatores do RSD, como: cor, impurezas, falta de reprodutibilidade das propriedades, o nível de degradação du-

rante o uso dos produtos com ciclo de vida longo, eficiência na separação dos tipos de materiais. As poliolefinas, PEAD e PP são concorrentes em aplicações por apresentarem um conjunto de propriedades similares. Sendo assim, é comum a utilização simultânea desses materiais em um mesmo produto, como exemplo, em frasco de PEAD e sua tampa em PP. Esta situação encarece e dificulta o processo de separação e no caso de produtos sem a identificação, a qualidade na separação fica comprometida. Este trabalho tem como objetivo avaliar e quantificar os tipos de materiais encontrados nos PEV's e investigar a viabilidade do processo de reciclagem dos principais materiais encontrados, PEAD e PP, considerando as propriedades mecânicas dos polímeros puros e das blendas, em diferentes proporções em massa.

## 2. MATERIAL E MÉTODOS

### 2.1. Seleção de Materiais

**Coleta:** O material utilizado foi o Resíduo Sólido Domiciliar Reciclável (RSDR) coletado pela Cooperativa de Profissionais que Desenvolve Trabalho com Materiais Recicláveis Tietê, bairro do Tatuapé, cidade de São Paulo. O material foi recebido de Posto de Entrega Voluntária (PEV), no período de 23/07/2003 a 06/02/2004, oriundo de três subprefeituras, localizadas no bairro da Mooca (PEV 1), Aricanduva (PEV 2) e Vila Prudente (PEV 3).

O *Bag* e *Contêiner* utilizados nos PEVs para acondicionamento e transporte do resíduo até o centro de triagem, está ilustrado na Figura 1.



Figura 1 – *Bag* e *Contêiner* utilizados na Cooperativa e no PEV.

As coletas dos *Bags* foram feitas nas segundas-feiras e nas sextas-feiras da mesma semana para cada subprefeitura, fechando o ciclo de consumo da semana.

**Identificação:** Os materiais encontrados nos *Bags* foram classificados em: Papel, Papelão e Jornal, Plásticos, Vidro, Embalagem Longa Vida, Metal e outros. A família dos plásticos foi subdividida em Plásticos Rígidos e Moles (filmes). A técnica de separação dos materiais plásticos utilizados foi à simbologia internacional do triângulo moldada no produto e a identificação dos materiais sem a simbologia foi à caracterização pela queima do material [8-9]. Quando ocorreu dúvida na separação dos materiais poliolefinicos (Polipropileno e Polietileno de Alta Densidade), foi observada na queima a característica de gotejamento, ou seja, para o

PEAD o material descola-se de uma superfície fria, quando o gotejamento ocorre junto com a chama, enquanto o PP não.

**Amostras:** As amostras de PEAD E PP utilizadas para a preparação das blendas, foram produtos rígidos, do tipo colorido, ou seja, sem definição de cor predominante para ambos materiais.

### 2.2. Caracterização volumétrica

Foi realizada uma caracterização volumétrica desses materiais a partir da medição da densidade aparente na forma de produtos sem compactação dos produtos coletados. O método utilizado foi medir a massa dos produtos a partir de um volume conhecido, ou seja, uma caixa de água de 247,2 litros, aferida com hidrômetro de medição de consumo de água. A compactação foi realizada em equipamento com 0,42 m<sup>2</sup> de área de prensagem, aplicando uma força de 20 MPa a uma pressão hidráulica de 162.10<sup>5</sup> Pa.

### 2.3. Metodologia de preparação das blendas

Os produtos foram moídos separadamente em moinho de facas, lavados com água, secos e extrudados em uma extrusora monorosca de diâmetro ( $\phi$ ) de 60 mm, utilizando um jogo de telas de 60/150/60 mesh.

As blendas de PEAD/PP não compatibilizadas foram preparadas nos diferentes percentuais, em massa; PEAD/PP-100/0, 75/25, 50/50, 25/75 e 0/100, em uma extrusora monorosca, de diâmetro ( $\phi$ ) de 25 mm, com comprimento de 25D. As temperaturas de aquecimento do cilindro da extrusora para as Zonas 1, 2, 3 e cabeçote foram 200°C/2150°C/220°C/220°C, respectivamente. Utilizou-se um jogo de telas de 60/150/60 mesh na porta telas e a rotação da rosca foram de 50 rpm, resultando em uma variação de pressão de 110 a 285 Bar no final da rosca com uma taxa de compressão de 3,5: 1.

Os corpos-de-prova para o ensaio mecânico foram injetados em uma máquina modelo PIC 62, do fabricante Petersen & Cia Ltda, com uma capacidade de injeção de 70g de Poliestireno.

### 2.4. Propriedades Mecânicas

Os ensaio de tração foi realizado na máquina de ensaio universal modelo DL 2000 NS 5921 EMIC Equipamentos e Sistemas de Ensaio Ltda. (São José dos Pinhais, PR, Brasil), com programa de controle Mtest LBP versão 3,00 e célula de carga com capacidade de 20 000 kgf. Como parâmetros de execução de ensaio, a distância inicial entre as garras foi de 160 mm e a velocidade de ensaio de 50 mm/min.

## 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados da massa total dos materiais encontrados, bem como os percentuais destes, são apresentados nas Tabelas 4 e 5.

**Tabela 4 - Média aritmética das massas médias e percentuais em massa dos materiais de 3 PEVs**

MATERIAIS	PEV 1		PEV 2		PEV 3		Média
	Massa, em g	%	Massa, em g	%	Massa, em g	%	
Papel e papelão	12850,0	40,5	14750,0	41,2	8750,0	36,5	39,4
Plásticos (rígido e filme)	8320,5	26,2	9291,5	26,0	7798,5	32,6	28,2
Vidro	5100,0	16,1	5300,0	14,8	2650,0	11,1	14,0
Embalagem Longa vida	1650,0	5,2	2750,0	7,7	1450,0	6,1	6,3
Metal	2219,0	7,0	2450,0	6,8	2150,0	9,0	7,6
Outros <sup>2</sup>	1616,5	5,1	1241,2 5	3,5	1145,0	4,8	4,4
Total	31756	100	35782, 8	100	23943, 5	100	100

Papel e Papelão destacam-se em maior concentração média no RSDR dos PEVs (39,4%), seguido, pelos Plásticos (28,2%). No entanto, quando comparado os resultados obtidos dos RSD (Tabela 3), que contém matéria orgânica e materiais não recicláveis, destinados a usina de compostagem e aterros, podemos observar que os plásticos aparecem como sendo os materiais de maior quantidade que papel e papelão, isto é, o percentual 16,7%, referente a somatória das embalagens de PET, isopor, plástico mole e duro, é maior que os 11%, referentes aos papeis e papelão. Um aspecto que pode ser considerado é que o papel e o papelão estão em menor quantidade no RSD provavelmente devido ao fato que estes materiais já apresentam uma cultura de reciclagem.

Cabe salientar ainda que os plásticos encontrados nos PEV's apresentam menor quantidade de material orgânico, contaminação e impurezas, o que torna esses materiais potencialmente mais viáveis no processo de reciclagem.

Entre os PEVs, o maior destaque é a quantidade de plásticos apresentada no PEV 3, em relação aos PEVs 1 e 2. O PEV 3 apresenta uma quantidade de 6% a mais de plásticos que os outros PEV's. Dentre as possíveis causas (econômica, social, cultural, sazonal, etc.) que podem interferir na variação dos resultados, o qual não foi objeto de estudo desse trabalho, podemos citar a influência da localização dos PEVs. O PEV 1 e o PEV 2, estão localizados em área comercial, o que favorece o aparecimento de papel e papelão, enquanto que o PEV 3 na biblioteca municipal, em rua residencial, o que favorece o acesso ao descarte doméstico.

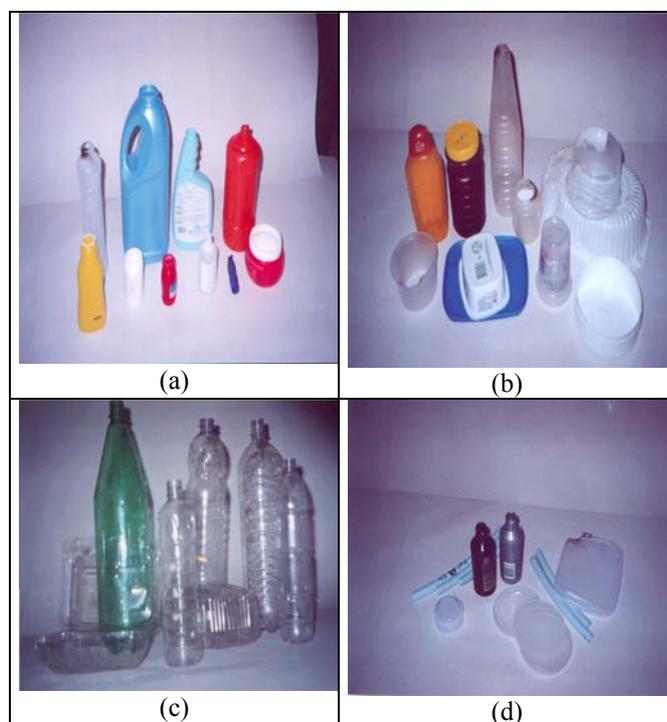
A Figura 2 ilustra produtos encontrados nos processos de coleta e identificação por tipo de material.

Entre os RSDR encontrados, 73,7% foram na forma de plásticos rígidos, enquanto que 24,7% na forma de filmes flexíveis. O PET e as poliolefinas (PEAD e PP) juntos representam mais de 80%, em massa, na composição do RSDR na forma de plásticos rígidos. A versatilidade, baixo custo, ali-

ado a boa processabilidade, justifica a ocorrência das poliolefinas nos RSDR. As propriedades mecânicas somadas a elevada transparência, fazem do PET um material atraente ao emprego de embalagens na substituição do vidro, embora, o custo comparativo do material é maior que as poliolefinas, entretanto, o interesse do mercado vem aumentando com uma maior oferta do produto. A principal desvantagem do PET está no processamento e na recuperação, pois, exige equipamentos mais sofisticados e conseqüentemente mais caros para a implantação de sua reciclagem.

**Tabela 5 - Massa total média dos materiais plásticos encontrados nos RPDR, subdivididos por tipo dos produtos rígidos**

Plásticos Rígidos (75,2%)	Massa (g)	Percentual (%)
PET	2377,77	41,7
PEAD	1445,4	25,3
PP	900,8	15,8
PS	422,8	7,4
PVC	108,0	1,9
PEBD	84,2	1,5
PC	16,3	0,3
ABS	24,1	0,4
PA	67,1	1,2
Tampas (PP, PEAD)	258,1	4,5
Total	5704,5	100,0

**Figura 2 – Produtos separados por tipo de material: (a) PEAD, (b) PP, (c) PET e (d) PEBD.**

<sup>2</sup> Inclui matéria orgânica, trapos, madeira, borracha, etc.

**Tabela 6 - Média aritmética da massa total dos materiais plásticos subdivididos por tipo dos filmes**

Filmes (24,7)	Massa (g)	Percentual (%)
PE, PVC, PET, PP	1803,3	96,0
Rótulos removíveis	74,8	4,0
<b>Total</b>	<b>1878,1</b>	<b>100,0</b>

Os produtos na forma de filme, oriundo do pós-consumo, é outro obstáculo no gerenciamento dos plásticos reciclados, devido, a elevada área superficial comparada a massa do produto. O custo na remoção das impurezas dos filmes e a dificuldade de separação dos polímeros por tipo, também, aumentam o desinteresse comercial na sua recuperação.

Uma outra abordagem a ser considerada nesse trabalho é a representação quantitativa do volume ocupado por esses materiais. Isso é relevante dentro do conceito logístico e de disposição final dos materiais pós-consumo. Considerando essa situação a caracterização volumétrica dos dois principais polímeros foi realizada e os resultados estão apresentados na Tabela 7.

**Tabela 7 - Caracterização volumétrica (densidade aparente na forma de produto e após a compactação)**

Produtos	Densidade Aparente dos produtos ( $\text{g}\cdot\text{cm}^{-3}$ )	Densidade Aparente dos produtos compactados ( $\text{g}\cdot\text{cm}^{-3}$ )
PET	0,0169	0,232
PEAD	0,0249	0,220

**Figura 3 - Processo de caracterização volumétrica realizada.**

Os resultados apresentados na Tabela 7 evidenciam que o PET apresenta um volume aparente 47% superior ao ocupado pelo PEAD. Isso evidencia que o PEAD ocupa um menor volume em uma mesma massa de PET. Assim pode-se estimar um menor custo na etapa de transporte no processo de reciclagem. A densidade aparente dos produtos após a compactação inverte o resultado, o que é justificado pela densidade intrínseca dos materiais, ou seja,  $\sim 0,92\text{-}0,97 \text{ g}\cdot\text{cm}^{-3}$  do PEAD e  $\sim 1,33\text{-}1,45 \text{ g}\cdot\text{cm}^{-3}$  do PET [9].

Os resultados das propriedades mecânicas dos materiais puros (100% material reciclado) e das blendas, são apresentados na Tabela 8, mostram que não houve alteração significativa entre esses materiais nas propriedades de tensão máxima de ruptura e módulo de elasticidade. O PEAD puro reciclado apresentou um alongamento na ruptura 30% superior que o PEAD Homopolímero virgem. Esse resultado sugere que no material reciclado há uma mistura de PEAD homopolímero e copolímero visto que o PEAD Copolímero virgem apresenta valores de alongamento na ruptura bem superiores [11]. Quanto aos resultados das misturas, podemos destacar a blenda 75/25 PEAD/PP que mostra um alongamento na ruptura maior que todas as outras blendas e também aos materiais virgem. Esse resultado indica a necessidade de uma investigação na morfologia da blenda.

**Tabela 8 - Propriedades mecânicas das blendas de materiais reciclados e materiais reciclados puro**

Composição (%), em massa)	Tensão máxima (MPa)	Mod. Elástico (MPa)	Alongamento na Ruptura (%)
100 PEAD	23,8 $\pm$ 0,5	231 $\pm$ 24	221 $\pm$ 62
75/25 PEAD/PP	22,8 $\pm$ 0,8	223 $\pm$ 19	532 $\pm$ 113
50/50 PEAD/PP	24,1 $\pm$ 0,4	229 $\pm$ 23	34 $\pm$ 3
25/75 PEAD/PP	23,4 $\pm$ 0,6	244 $\pm$ 9	24 $\pm$ 3
100 PP	25,2 $\pm$ 0,1	239 $\pm$ 8	54 $\pm$ 7

#### 4. CONCLUSÃO

O monitoramento na evolução dos RSDR é uma ferramenta indispensável para a gestão dos RSU. Uma análise subjetiva durante a separação dos materiais mostra que os materiais oriundos de PEVs foram mais limpos que os materiais da coleta tradicional e facilitam a logística e a separação do material. Essas vantagens aumentam o valor de comercialização dos materiais e cria condições para um fornecimento planejado e contínuo de material ao mercado consumidor. O papel e o papelão foram os materiais mais encontrados, seguidos dos plásticos (rígidos e filmes). Os resultados das propriedades mecânicas dos materiais poliolefinicos reciclados puros, mostrou manter os mesmos níveis de propriedade dos materiais virgem, justificando assim, o seu emprego em diversos produtos onde a cor e controle de impurezas não são solicitados. Este fato é evidenciado, devido às blendas preparadas apresentarem propriedades intermediárias entre os materiais puros reciclados e o material virgem.

#### 5. AGRADECIMENTO

A CAPES – Fundação Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior pelo suporte financeiro em forma de bolsa concedida, à Petroquímica Ipiranga pelo fornecimento dos materiais virgem, à Universidade São Francisco.

Derval dos Santos Rosa agradece ao CNPq (processos 303500/2002-6 e 477942/2003-2) pelo suporte financeiro.

## 6. BIBLIOGRAFIA

1. [www.portalbrasil.eti.br/brasil\\_cidades\\_saopaulo.htm](http://www.portalbrasil.eti.br/brasil_cidades_saopaulo.htm) e IBGE 23/03/2004.
2. SEGURA MUÑOZ, S.I., *Impacto ambiental na área do Aterro Sanitário e Incinerador de Resíduos Sólidos de Ribeirão Preto, SP: avaliação dos níveis de metais pesados*. Escola de Enfermagem de Ribeirão Preto da Universidade de São Paulo, Tese de Doutorado, 2002, 158p.
3. LIMA, L.M.Q., *LIXO Tratamento e Biorremediação*, 2004, 265p.
4. Relatório da CETESB/2002 – *Inventário Estadual de Resíduos Sólidos Domiciliares*, 33p.
5. OLIVEIRA, S.; PASQUAL, A., *Energia na Agricultura* (1998) 51-61.
6. Prefeitura do Município de São Paulo – Relatório da LIMPURB, *Caracterização Gravimétrica e Físico – Química dos Resíduos Sólidos Domiciliares do Município de São Paulo* – 2003, 133p.
7. JURAS, I.; MARTINS, A.G., Consultoria Legislativa, Nota Técnica, *A questão dos Resíduos sólidos na Alemanha, na França, na Espanha e no Canadá*, 08/2001, 6p.
8. ZANIN, M.; MANCINI, S.D., *Resíduos Plásticos e Reciclagem Aspectos gerais e tecnologia*, São Carlos, EdUFSCar, 2004, 143p.
9. MANRICH, S.; FRATTINI, G.; ROSALINI, A.C., *Identificação de plásticos: uma ferramenta para reciclagem*. São Carlos: UFSCar, 1997.
10. MANO, E.B.; MENDES, I.C. *Identificação de Plásticos, borrachas e fibras*. São Paulo: Ed. Edgarg Blucher, 2000, 200p.
11. MANO, E.B. *Polímeros como materiais de engenharia*, São Paulo, Editora Edgard Blucher Ltda. 2000, 197p.