

Caracterização do Efluente de Lavagem de Filmes Plásticos Pós-Consumo e Determinação das Propriedades Reológicas do Material Reciclado

Marcus V. P. Remédio, Maria Zanin e Bernardo A. N. Teixeira

Resumo: Os plásticos em forma de filme representam em torno de 20% em volume dos resíduos sólidos urbano no Brasil. Estes números são preocupantes, pois apenas 10% destes tipos de resíduos brasileiros possuem destinação adequada. A reciclagem de filmes pós-consumo possui alguns problemas adicionais em relação aos plásticos rígidos, conseqüentes da grande relação área superficial/peso e da procedência destes filmes, os quais são muitas vezes utilizados como embalagens de alimentos com significativa contaminação. O presente trabalho estudou procedimentos para a lavagem dos filmes pós-consumo, caracterizou física, química e biologicamente alguns efluentes de lavagem dos filmes e reciclou mecanicamente estes plásticos em diferentes processos (aglutinação, extrusão e injeção), analisando o material reciclado quanto às suas propriedades reológicas de Índice de Fluidez. Os resultados mostraram um elevado teor de sólidos e de carga orgânica no efluente de lavagem, assim como as propriedades do plástico reciclado não apresentaram alterações significativas até o terceiro passo de reprocessamento (extrusão).

Palavras-chave: *Reciclagem, efluente, caracterização, plástico filme, resíduos sólidos urbanos.*

Introdução

Estima-se que no Brasil, mais de 80% do lixo gerado seja despejado a céu aberto. No estado de São Paulo, cerca de 2 a 3% dos municípios possuem aterros sanitários adequados. Pior, apenas 70% do lixo brasileiro é coletado, sendo que 10% deste lixo possui destinação final adequada. Em Portugal, a realidade dos resíduos sólidos urbanos também não é das mais empolgantes, sendo que 74% do lixo é depositado em lixões e aterros controlados, 16% em aterros sanitários e apenas 10% são

enviados a centrais de reciclagem e compostagem^[1]. Na Suíça, pela falta de espaço, cerca de 80% do lixo é incinerado^[2]. A França incinera 42%, aterra 45% e recicla 9%^[3].

Os materiais poliméricos estão cada vez mais presentes nos resíduos sólidos urbanos. Os plásticos em forma de filme (sem limpeza) apresentam-se em aproximadamente 20% em volume e 8% em massa no lixo urbano, segundo estudos recentes do 3R - Núcleo de Reciclagem de Resíduos, da UFSCar^[4]. Estes valores são preocupantes, pois no Brasil, como vimos, apenas cerca de 10% dos

Marcus V. P. Remédio e Maria Zanin, Universidade Federal de São Carlos, Departamento de Engenharia de Materiais, 3R-Núcleo de Reciclagem de Resíduos, Rod. Washington Luís, Km 235, CEP: 13.565-905, São Carlos, SP. Email: dmza@power.ufscar.br; Bernardo A. N. Teixeira, UFSCar, Departamento de Engenharia Civil.

resíduos coletados têm destino final controlado (aterros sanitários, usinas de compostagem e reciclagem e incineração). Teoricamente, todo termoplástico é reciclável e pode voltar a prestar serviços à comunidade através dos processos de reciclagem, quer seja química, mecânica ou energética. Portanto, a reciclagem se apresenta neste contexto não só como uma ferramenta para a economia de recursos naturais não renováveis (no caso, petróleo, matéria prima para a produção da maioria dos plásticos), mas também como forma de redução da quantidade de plásticos presentes nos locais de deposição de lixo.

Quando se fala em reciclagem de plásticos de resíduos urbanos, quase sempre se trata dos plásticos rígidos. Isto se deve, principalmente ao fato dos plásticos em forma de filme se apresentarem na sua maioria muito sujos e contaminados, exigindo uma etapa de limpeza mais complexa, além de possuírem uma grande área superficial comparada a seu peso. Assim, um problema adicional na reciclagem de plástico filme pós-consumo é o efluente líquido de lavagem, o qual apresenta uma carga poluidora significativa. Numa primeira vista, este efluente não deve ser arremessado aos rios e córregos, pois se apresenta geralmente com um nível de contaminações orgânica e inorgânica elevado, que poderá causar sérios problemas nestes mananciais hídricos, como uma elevada demanda de oxigênio, por exemplo. Outros fatores relevantes estão relacionados à diversidade de tipos de materiais poliméricos com os quais são fabricados os filmes, e ainda o grau de mistura/contaminação consequente do tipo de coleta (com ou sem separação prévia). Deste modo, se torna necessário realizar um amplo estudo da viabilidade de recuperação dos filmes, levando-se em consideração, além dos aspectos degradativos do reprocessamento, os aspectos relacionados às etapas de limpeza e separação dos filmes. O estudo em questão considerou os problemas acima, tendo por objetivos os seguintes pontos: (1) estudar procedimentos para a limpeza de filmes plásticos pós-consumo; (2) Caracterizar alguns efluentes, através de ensaios físicos, químicos e biológicos para determinar suas cargas poluidoras; (3) reprocessar os filmes de PEAD e PEBD separadamente com a utilização de um aditivo antioxidante (conjuntamente com um auxiliar de fluxo) e (4) caracterizar o material reciclado quanto às suas propriedades reológicas.

Materiais e Métodos

Materiais utilizados

Resinas

Os filmes plásticos estudados constituem de Polietileno de Alta Densidade (PEAD) e Polietileno de Baixa Densidade (PEBD) e todos foram provenientes do rejeito do Parque de Reciclagem e de Compostagem de RSU de Araraquara-SP. Há de se considerar a probabilidade da presença de Polietileno Linear de Baixa Densidade (PEBDL) em alguns casos em mistura com o PEBD. Os filmes foram coletados e separados manualmente em PEAD e PEBD e o estudo foi realizado separadamente em cada uma das resinas.

Aditivo

O único aditivo utilizado foi o antioxidante/auxiliar de fluxo Recyclostab 411, uma mistura de antioxidantes primários e secundários próprio para a reciclagem de polietileno. O aditivo foi fornecido pela Ciba Geigy Química S.A. O aditivo possui ponto de fusão na faixa de 110 a 114^oC, densidade de 0,47 g/cm³ e temperatura de decomposição acima de 300^oC.

Definição do procedimento de lavagem dos filmes pós-consumo

Para este estudo foram realizadas 9 lavagens dos filmes em diferentes condições para determinar, dentre estas condições, quais as 3 mais eficientes na limpeza do filme proveniente da usina. Para a definição dos melhores procedimentos, foram realizados ensaios de Turbidez no efluente de lavagem. Este ensaio se baseia nas propriedades de refração da luz através do volume de amostra líquida.

Os ensaios de lavagem foram realizados em um tanque com agitação e todos os procedimentos de lavagem foram realizados a 50^oC, em volume de 48 l de água e 0,5Kg de filme. Após cada lavagem, o filme sobrenadante foi retirado e a amostra do efluente foi colhida ainda com agitação. Cada amostra retirada foi enviada ao ensaio de turbidez.

A Tabela 1 apresenta as outras condições de lavagem considerando % de soda cáustica (NaOH) e tempo de agitação.

Tabela 1. Procedimentos para as lavagens iniciais dos filmes

Número da lavagem	Condição	
	% NaOH	Tempo de agitação (min)
1	3	1
2	3	2
3	3	3
4	2	1
5	2	2
6	2	3
7	1	1
8	1	2
9	1	3

O ensaio de turbidez: Os métodos usualmente empregados para medir turbidez em águas baseiam-se na quantidade de luz que passa através desta, sendo que esta quantidade é inversamente proporcional à turbidez. Neste estudo, foi utilizado o procedimento normalizado na referência^[5], que prescreve o método de determinação de turbidez em amostras de água de abastecimento público, águas naturais em geral e águas de abastecimento industrial.

O resultado deste ensaio é especificado em “ut” (unidade de turbidez) e quanto maior for, mais turva está a amostra e conseqüentemente mais eficiente foi a lavagem dos filmes. Os três melhores procedimentos de lavagem, determinados pelo ensaio de turbidez, foram empregados em nova lavagem de filmes sendo que nesta etapa foi realizada uma caracterização mais detalhada do efluente de lavagem dos filmes. O aparelho utilizado foi um Turbidímetro Micronal B250.

Caracterização dos três efluentes de lavagem dos filmes pós-consumo:

Nesta etapa, foram novamente realizadas lavagens dos filmes em três diferentes condições (nas três mais eficientes, definidas no ítem anterior). Os efluentes de lavagem foram caracterizados de acordo com os ensaios de DBO (demanda bioquímica de oxigênio), DQO (demanda química de oxigênio), Sólidos Totais, Sólidos Suspensos, Sólidos Dissolvidos, pH, Turbidez e Sólidos Sedimentáveis. Todos os ensaios foram realizados segundo as normas da referência^[5].

O ensaio de DBO: O teste da DBO é um teste empírico que mede o oxigênio requerido para a degradação da matéria orgânica (demanda carbonácea). Também pode medir o oxigênio utilizado para oxidar formas reduzidas de nitrogênio (demanda nitrogenada), a menos que sua oxidação seja impedida por um inibidor. O método consiste na colocação de uma amostra num frasco hermeticamente fechado, e incubação sob condições específicas por um tempo especial. O oxigênio dissolvido é medido antes e após a incubação. A DBO é computada da diferença entre o OD final e o OD inicial^[5]. As amostras dos ensaios de DBO foram condicionadas em uma incubadora FANEM 347 CD, a 20°C.

O ensaio de DQO: O teste da DQO é usado para medir a quantidade de matéria orgânica de esgotos e águas naturais. O conhecimento da DQO fornece dados para a determinação e estimativa da DBO e seu ensaio é simples e rápido. O oxigênio equivalente à matéria orgânica que pode ser oxidada é medido usando-se um agente oxidante forte em meio ácido. O teste deve ser realizado em elevadas temperaturas. O teste de DQO é também utilizado para medir a matéria orgânica em esgotos industriais e municipais que contém compostos que são tóxicos para a vida biológica. A DQO de um esgoto é, em geral, maior do que a DBO porque mais compostos podem ser quimicamente oxidados do que biologicamente oxidados^[5]. O ensaio de DQO foi realizado em um equipamento de refluxo QUIMS Q 308.26.

O ensaio dos sólidos totais: A quantidade e a natureza de sólidos nas águas variam muito. Em águas de abastecimento, os sólidos ocorrem, em geral, na forma dissolvida e são constituídos principalmente de sais inorgânicos, além de pequenas quantidades de matéria orgânica. O conteúdo de sólidos totais varia entre 20 e 1000 mg/l. As quantidades de material coloidal não dissolvido e de material em suspensão aumentam o grau de poluição. Por isso, a determinação de resíduos não filtráveis é de grande utilidade para avaliar o grau poluidor de águas residuais e para determinar a eficiência das unidades de tratamento. As medidas da quantidade de Sólidos Totais, Suspensos e Dissolvidos foram realizadas de acordo com a norma da referência^[5] e os equipamentos utilizados foram uma

estufa FANEM 315 SE e uma mufla FORNITEC 1848.

A medida do pH: Em processos biológicos do tratamento de esgotos, o pH é crítico para o desenvolvimento de microorganismos. O pH é o inverso do logaritmo da concentração hidrogeniônica, em moles por litro, para uma dada temperatura. A escala prática se estende de 0 (zero), muito ácido até 14, muito alcalino, com o valor 7 correspondendo à neutralidade. Este ensaio foi realizado em um pHmetro FEMTO 420p, e o procedimento consistiu em apenas introduzir o eletrodo, pré calibrado, na amostra (aproximadamente 50 ml) em um béquer. O valor lido, após estabilização do mostrador, é o valor do pH.

O ensaio de sólidos sedimentáveis: O resíduo sedimentável é constituído daquele material em suspensão de maior tamanho e de densidade maior que a água, que deposita quando o sistema está em repouso. O resíduo sedimentável é um dado importante na verificação da necessidade e no dimensionamento de unidades de sedimentação na o tratamento de águas residuais. Serve para a determinação da eficiência da sedimentação e permite a previsão do comportamento de despejos ao atingirem um curso d'água. O método usualmente empregado para a medição do resíduo sedimentável é o volumétrico do Cone de Imhoff, podendo também ser medido em peso. O ensaio foi realizado segundo a referência^[5] e o equipamento utilizado foi um Cone de Imhoff.

Reprocessamento dos filmes plásticos:

Os filmes pós-consumo foram, após lavados de acordo com o mais eficiente procedimento de lavagem, determinado pelo ensaio de turbidez, secados, aglutinados e extrudados. Na etapa de extrusão, o aditivo Recyclostab 411 foi incorporado ao polímero em concentrações de 0,1; 0,2 e 0,5% em massa. O material foi extrudado por três vezes e analisado através dos ensaios de Índice de Fluidiez (MFI) após cada reprocessamento, para determinação do nível de degradação que estes materiais alcançariam após cada extrusão.

Aglutinação dos filmes: Uma quantidade de aproximadamente 5 Kg de cada filme (PEAD e PEBD) foi aglutinada separadamente. O aglutinador utilizado foi um MINEMATSU 20 CV, capacidade mínima

Tabela 2. Parâmetros de extrusão utilizados para o PEAD e PEBD

Material	Perfil de Temperatura (°C)	Velocidade da rosca (rpm)
PEAD	140, 170, 170	70 – 80
PEBD	120, 150, 150	70 - 80

de 5 Kg. Nesta etapa, o material é aquecido apenas pelo atrito das facas com o próprio polímero, sendo que não há aquecimento externo.

Extrusão dos filmes: Após a etapa de aglutinação, o plástico foi extrudado sem aditivo e com porcentagens diferentes de Recyclostab 411. Os parâmetros utilizados na extrusão dos plásticos estão dispostos na Tabela 2.

A extrusora utilizada foi uma Extrusora Gerst, tipo 25X 24D, série G, número 3 (24 mm, L/D=24).

Caracterização do material reciclado: As propriedades reológicas do material reciclado foram analisadas através do ensaio de Índice de Fluidiez. O equipamento utilizado foi um KAYENESS INC. 7050, com a temperatura estabilizada de 190°C e carga de 2,16 KgF. O tempo de corte do fluido foi de 5 a 6 minutos.

Resultados e Discussões

Definição do procedimento de lavagem dos filmes

Os resultados obtidos na determinação dos mais eficientes procedimentos de lavagem estão apresentados na Tabela 3.

Foi observado que o tempo de agitação da água é mais relevante do que a concentração de soda

Tabela 3. Resultados dos ensaios de turbidez para as diversas lavagens do filme

Parâmetros de lavagem (nº da lavagem)	Turbidez no efluente (u.t.)
3% soda, 3 min agitação(3)	576
2% soda, 3 min agitação(6)	530
1% soda, 3 min agitação(9)	490
3% soda, 2 min agitação(2)	490
2% soda, 2 min agitação(5)	480
1% soda, 2 min agitação(8)	470
3% soda, 1 min agitação(1)	470
2% soda, 1 min agitação(4)	470
1% soda, 1 min agitação(7)	450

cáustica na solução. Comparando-se os valores obtidos para turbidez entre as várias condições empregadas, verifica-se que os efluentes de maior turbidez (sombreados na Tabela 3) são aqueles que foram utilizados nas lavagens a 3 minutos de agitação. Verificou-se também que o emprego da soda cáustica contribuiu de modo relevante para a limpeza final dos filmes, e um aumento em sua concentração provocou um efluente mais sujo, ou seja, provocou uma melhor lavagem. Porém a utilização de soda cáustica na lavagem não deve ser em grande quantidade, pois a presença dela nos filmes após a lavagem pode acarretar problemas no reprocessamento destes materiais. A etapa de enxágue dos filmes também seria muito importante. Por isso não foram realizadas lavagens com concentrações superiores a 3% de NaOH.

Caracterização dos três efluentes de lavagem dos filmes

A Tabela 4 apresenta os resultados dos ensaios de DBO, DQO, Turbidez, pH e Sólidos sedimentáveis para os três mais eficientes procedimentos, definidos no item anterior.

Nota-se, pela Tabela 4, que os valores encontrados para DQO e DBO são elevados, porém são próximos aos valores encontrados para esgotos industriais (em torno de 1000 mg/l). Portanto, é elevada a quantidade de matéria orgânica nessas amostras, o que não é surpreendente já que os filmes são muito utilizados em embalagens alimentícias, além de entrarem em contato com tais substâncias também no rejeito das usinas de reciclagem. O fato de os valores de DQO serem superiores aos de DBO é devido ao fato já mencionado anteriormente, ou seja, mais compostos podem ser quimicamente oxidados do que biologicamente oxidados. Os valores para turbidez variaram um pouco em relação aos ensaios anteriores,

Tabela 4. Ensaios de DQO, DBO, Turbidez, pH e Sólidos Sedimentáveis realizados nas três amostras

Número da Lavagem	Ensaio				
	DQO (mg/l)	DBO (mg/l)	Turbidez (u.t.)	pH	Sólidos Sed. (ml/l/h)
3	1340	458	576	12,6	14
6	2600	720	797	12,7	12
9	2500	740	990	12,6	14

porém a comparação direta com aqueles valores não deve ser realizada, uma vez que as amostras foram coletadas em dias diferentes e isso pode influir de modo significativo nestes resultados. O pH é básico (em torno de 12) devido principalmente à soda cáustica utilizada na lavagem, porém não variou para as diferentes concentrações deste produto (1, 2 e 3%). Finalmente os sólidos sedimentáveis apresentaram valores não muito elevados e perfeitamente dentro da faixa para esgotos comuns.

A Tabela 5 apresenta os resultados obtidos para os sólidos totais.

Os valores de sólidos totais observados na Tabela 5 mostram uma maior concentração de material inorgânico em relação aos orgânicos, uma vez que os sólidos totais fixos representam na sua grande maioria substâncias inorgânicas e os voláteis os orgânicos. A decomposição de sais inorgânicos é restrita ao Carbonato de Magnésio, que se decompõe em Óxido de Magnésio, MgO, e Dióxido de Carbono, CO₂, a 350°C. Carbonato de Cálcio, CaCO₃, o maior componente dos sais inorgânicos, é estável até 825°C. Como a amostra é aquecida a 600°C para a classificação de sólidos fixos e voláteis, somente o MgCO₃ se decompõe.

De acordo com a Tabela 5, com a quantidade de plástico utilizado em cada lavagem (0,5 Kg) e a quantidade água utilizada para a limpeza dos filmes (48 l), pode-se chegar à carga poluidora de sólidos que estes filmes produzem por massa. Exemplo: Tomando-se a média aproximada de sólidos totais encontrada (10.000 mg/l), tem-se:

$$10.000 \text{ mg/l} \times 48 \text{ l} = 480.000 \text{ mg} = 480 \text{ g}$$

Como foi utilizado 0,5 Kg de filme para cada lavagem, tem-se:

$$480 \text{ g}/0,5 \text{ Kg} = 960 \text{ g de sólidos totais / Kg de filme limpo}$$

Porém, não se pode afirmar aqui que cada 1 quilo de filme continha 960 gramas de sólido anteriormente à lavagem, pois a quantidade de soda

Tabela 5. Sólidos Totais nas três amostras

Número da Amostra	Sólidos Totais (mg/l)	Sólidos Totais	
		Fixos (mg/l)	Voláteis (mg/l)
3	5.190	4.040	1.150
6	10.490	8.500	1990
9	15.420	12.640	2.780

Tabela 6. Sólidos Suspensos nas três amostras

Número da Lavagem	Sólidos Suspensos Totais (mg/l)	Sólidos Suspensos Fixos (mg/l)	Sólidos Suspensos Voláteis (mg/l)
3	200	60	140
6	180	38	142
9	335	96	239

Tabela 7. Sólidos Dissolvidos nas três amostras

Número da Lavagem	Sólidos Dissolvidos Totais (mg/l)	Sólidos Dissolvidos Fixos (mg/l)	Sólidos Dissolvidos Voláteis (mg/l)
3	4.890	3960	930
6	10.310	8.710	1600
9	15.085	12.224	2.860

cáustica adicionada neste processo foi elevada (até 1,5 Kg) e ela pode estar presente, de alguma forma, nos sólidos totais. Há de se considerar também o fato de a água utilizada na lavagem já possuir um teor de sólidos própria, além de possível presença de umidade residual nos cadinhos utilizados após a evaporação da água, neste ensaio. As Tabelas 6 e 7 mostram os resultados dos ensaios de sólidos suspensos e sólidos dissolvidos.

Pelas Tabelas 6 e 7, pode-se perceber que a maioria dos sólidos presentes na amostra está dissolvida na água de lavagem, ou seja, se apresenta em tamanho inferior a 1µm. A maioria dos sólidos suspensos, cerca de 75%, é constituído de material orgânico e apenas 25% de material inorgânico. Isto é observado na Tabela 6 para todas as amostras. Entre os sólidos dissolvidos (Tabela 11), ve-

rifica-se que ocorre o inverso dos suspensos, ou seja, os fixos superam os voláteis e representam mais de 80% deste tipo de sólidos.

Os resultados obtidos podem servir de base para a definição de como este efluente seria tratado numa empresa de reciclagem de filmes plásticos pós-consumo, assim como para a estimativa dos gastos com o tratamento. O impacto ambiental do arremesso deste efluente não tratado nas fontes naturais pode também ser estimado com os resultados obtidos, podendo ser estudado em trabalhos posteriores.

Índice de Fluidez

As Tabelas 8 e 9 apresentam os resultados para os ensaios de Índice de Fluidez.

Pela Tabela 8, nota-se uma sensível variação no índice de fluidez do PEAD com as extrusões. A variação de 0,22 para 0,16 g/10min do aglutinado (supostamente não degradado) para o material extrudado por três vezes sem aditivo, apesar de ser pequeno em número absoluto (0,06), representa uma variação de aproximadamente 27% no índice de fluidez do polímero. O fato de o índice de fluidez do material ter diminuído sugere uma forma de degradação por reticulação (“cross-linking”) predominante em relação à cisão de cadeia molecular no polímero. A degradação por reticulação predomina nos polietilenos de alta densidade convencionais quando os fatores cisalhamento, temperatura e concentração de oxigênio no meio não são muito elevados. Nota-se também que a partir da adição de 0,2% do antioxidante, o índice de fluidez manteve-se praticamente

Tabela 8. Resultados dos ensaios de índice de fluidez para o PEAD (g/10 min)

PEAD	1ª extrusão	2ª extrusão	3ª extrusão
Agglutinado	0,22 ± 0,03		
Extrudado puro	0,19 ± 0,01	0,17 ± 0,01	0,16 ± 0,02
Extrudado c/ 0,1% de Recyclostab 411	0,19 ± 0,01	0,19 ± 0,01	0,18 ± 0,02
Extrudado c/ 0,2% de Recyclostab 411	0,21 ± 0,02	0,21 ± 0,01	0,21 ± 0,01
Extrudado c/ 0,5% de Recyclostab 411	0,22 ± 0,01	0,22 ± 0,01	0,23 ± 0,01
Injetado puro	0,19 ± 0,01	—	—
Injetado c/ 0,1% de Recyclostab 411	0,19 ± 0,01	—	—
Injetado c/ 0,2% de Recyclostab 411	0,20 ± 0,01	—	—
Injetado c/ 0,5% de Recyclostab 411	0,21 ± 0,02	—	—

Tabela 9. Resultados do índice de fluidez para o PEBD (g/10 min)

PEBD	1ª extrusão	2ª extrusão	3ª extrusão
Aglutinado	0,70 ± 0,02		
Extrudado puro	0,68 ± 0,01	0,76 ± 0,01	1,11 ± 0,03
Extrudado c/ 0,1% de Recyclostab 411	0,70 ± 0,01	0,83 ± 0,04	0,83 ± 0,02
Extrudado c/ 0,2% de Recyclostab 411	0,70 ± 0,01	0,88 ± 0,02	0,92 ± 0,02
Extrudado c/ 0,5% de Recyclostab 411	0,70 ± 0,02	0,90 ± 0,03	0,94 ± 0,01
Injetado puro	0,74 ± 0,02	—	—
Injetado c/ 0,1% de Recyclostab 411	0,77 ± 0,02	—	—
Injetado c/ 0,2% de Recyclostab 411	0,83 ± 0,03	—	—
Injetado c/ 0,5% de Recyclostab 411	0,84 ± 0,01	—	—

inalterado com as três extrusões. Pode-se supor que esta quantidade de aditivo utilizado na reestabilização não reagiu totalmente com o polímero, restando alguma parte não consumida, para atuar na 2ª e 3ª extrusões.. O mesmo não aconteceu com 0,1%, no qual o índice caiu com as extrusões em aproximadamente 18%.

Por outro lado, como pode ser observado na Tabela 9, tem-se um aumento no índice de fluidez para todas as amostras de PEBD, mostrando um fraco desempenho do aditivo utilizado na manutenção da propriedade em questão, pois o índice variou significativamente para todas as amostras. O aumento no índice de fluidez do PEBD sugere um modo diferente de degradação em relação ao PEAD estudado, ou seja, a diminuição da viscosidade sugere a predominância de cisão de cadeia polimérica. Apesar da utilização de aditivo ter diminuído a variação do índice de fluidez para o PEBD, seus valores variaram significativamente para todas as amostras, incluindo a com 0,5% de Recyclostab 411.

Conclusões

O tempo de agitação da água foi mais relevante do que a porcentagem de NaOH na eficiência da etapa de lavagem dos filmes provenientes do rejeito do Parque. Os ensaios de DBO e DQO realizados nos efluentes de lavagem dos filmes possuíram valores relativamente elevados, significando desta maneira uma grande quantidade de matéria orgânica presente neste efluente e, conseqüentemente, nos filmes plásticos. É elevado o teor de sólidos nos efluentes de lavagem, sendo que a maioria destes sólidos (78%) são

inorgânicos e estão dissolvidos. O pH do efluente é muito básico, reflexo do emprego de NaOH na lavagem dos filmes. O índice de fluidez dos PEADs reciclados não variaram significativamente. A variação desta propriedade se deu apenas a partir da segunda extrusão no PEAD não reestabilizado e a partir da terceira extrusão no PEAD com 0,1% de estabilizante. O MFI para o PEBD variou para todas as amostras, mostrando desta maneira pouca eficácia do aditivo utilizado para esta resina.

Agradecimentos

Os autores agradecem à finep/prosab e à capes pelo apoio financeiro.

Referências Bibliográficas

1. Russo, M. A. T. - VII Simpósio Luso-Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, Livro de Resumos, v. 2, p. 119 – 131 (1998).
2. Fahrmi, H.P. - “Aspects and possibilities of recycling in Switzerland”, In Recycle’94. Davos, Anais p. 6-11 (1994).
3. Jornal “O ESTADO DE SÃO PAULO”, 6 de setembro p.C-9 (1998).
4. Remédio, M. V. P. - “Estudo da Viabilidade de Reciclagem de Plásticos em Forma de Filmes Provenientes do Rejeito de uma Usina de Reciclagem de Resíduos Sólidos Urbanos”, UFSCar, São Carlos, (1999).
5. WASTWATER ENGINEERING: TREATMENT DISPOSAL, Metcalf & Eddy, Inc., Revised by George Tchobanoglous, Mcgraw Hill, TMH edition, New Delhi, (1979).