

II-267 - DIAGNÓSTICO PRELIMINAR VISANDO INTERVENÇÃO NO PROCESSO DE LAVAGEM DE FILMES PLÁSTICOS DE UMA RECICLADORA DE MÉDIO PORTE

Maria do Carmo Vara Lopes Orsi⁽¹⁾

Arquiteta e Urbanista pela Universidade Mackenzie. Especialista em Designer pela Associação de Ensino Tatuense, Mestranda pela Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, UNESP. Professora Associada na Faculdade de Tecnologia de Tatuí.

Sandro Donnini Mancini⁽²⁾

Engenheiro de Materiais pela Universidade Federal de São Carlos, Mestre em Ciência e Engenharia dos Materiais pela Universidade Federal de São Carlos, Doutor em Ciência e Engenharia dos Materiais pela Universidade Federal de São Carlos, Livre-docência pela Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, UNESP. Professor Adjunto Doutor na Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho em Sorocaba.

Rodrigo Braga Moruzzi⁽³⁾

Engenheiro Civil pela Universidade Federal de São Carlos, Mestre em Engenharia Hidráulica e Saneamento pela Universidade de São Paulo, Doutor em Engenharia Hidráulica e Saneamento pela Universidade de São Paulo, Pós-Doutorado em Engenharia Química pela Katholieke Universiteit Leuven, Bélgica. Professor Assistente Doutor do Departamento de Planejamento Territorial e Geoprocessamento do Campus de Rio Claro, UNESP.

Endereço⁽¹⁾: Rua Caridade III, nº 825 – Colina Verde - Tatuí – São Paulo - CEP: 18272-230 - Brasil - Tel: +55 (15) 3259-6620 - e-mail: m_orssi@hotmail.com.

RESUMO

A água é componente fundamental para o processo de preparação da matéria prima para a reciclagem de plástico pós-consumo, pois participa como elemento de remoção de detritos e impurezas que contaminam a matriz da matéria-prima utilizada, principalmente quando proveniente da catação em sucatas, catadores, autônomos, e cooperativas de reciclagem. O presente trabalho tem como objetivo caracterizar as águas de lavagem de uma recicladora de plástico tipo filme (sacos e sacolas) para avaliar o incremento de carga orgânica e de poluentes de uma forma geral à água bruta, através de parâmetros indicadores das características físico-químicas. Os dados obtidos relacionam a influência do volume de plástico preparado para a reciclagem com o tempo de retenção deste efluente no tanque, onde estão presentes materiais oriundos da matéria prima e da água de abastecimento do sistema, além de grande volume de sólidos. A proposta do estudo parte da premissa de reutilizar a água de lavagem de material de reciclagem, em circuito fechado, buscando benefícios econômicos e ambientais, sem prejuízo da qualidade do produto final. Ao analisar o potencial poluente do descarte atualmente realizado no corpo receptor, constatou-se que este atribui características de qualidade em desacordo com as estabelecidas nos padrões de lançamentos da legislação vigente. Dessa forma, o presente trabalho visa discutir os pontos de intervenção necessários para melhoria das características dos efluentes líquidos gerados na operação de lavagem de embalagens plásticas, de modo a conceituar as ações que promovam melhoria na eficiência do processo de tratamento visando o reuso da água no mesmo sistema.

PALAVRAS-CHAVE: Recursos hídricos, sustentabilidade, reciclagem, filmes plásticos.

INTRODUÇÃO

O grande volume de embalagens plásticas descartadas por usuários urbanos e rurais, como invólucros de alimentos, sacolas plásticas, embalagens de produtos de consumo doméstico e animal, dentre outros, contribuem para o problema ambiental aumentando os resíduos dispostos em aterros sanitários (MUSTAFA, 1993).

Os plásticos são moldáveis a quente e possuem baixa densidade, boa aparência, são atóxicos e isolantes termo-elétrico, resistentes ao impacto e possuem baixo custo, portanto, apresentam uma larga faixa de aplicações.

Devido a estas propriedades o consumo dos polímeros vem crescendo. Um grande problema decorrente da utilização de materiais poliméricos é, sem dúvida, o acúmulo de resíduos gerado após o descarte. A não biodegradabilidade da maioria deles e uma série de problemas relacionados a uma eventual queima são algumas das dificuldades enfrentadas no descarte do resíduo (FARIA, 2009).

Parte das embalagens descartadas é destinada a reciclagem que, muitas vezes, ocorre em instalações improvisadas, de pequeno a médio porte, algumas administradas por recicladores informais, sem licenciamento para seu funcionamento e sem qualquer compromisso com a legislação ambiental. Isso traduz-se, geralmente, num aumento na degradação ambiental, pois o uso da água nesses processos gera efluentes de alta carga poluidora.

A água é componente fundamental para o processo de preparação da matéria prima para a reciclagem de plástico pós-consumo, pois participa como elemento de remoção de detritos e impurezas que contaminam a matriz da matéria-prima utilizada, principalmente quando proveniente de aterros, lixões e cooperativas de reciclagem. O efluente gerado do processo, quando não recebe o tratamento adequado antes do descarte e pode contaminar outras fontes de água próximas como rios e lençóis freáticos.

A dimensão ambiental vem sendo incorporada ao processo produtivo das indústrias e à gestão empresarial, inclusive como base para reduções de custos e aumentos de lucratividade, por meio de medidas para minimização, reuso e reciclo dos efluentes líquidos gerados pelos diversos processos industriais (SANTOS, 2004).

Ao estabelecer o potencial poluente do efluente descartado, através da análise comparativa de suas características físicas e químicas em relação à legislação vigente, foi possível estabelecer os fatores que se encontram em desacordo com os padrões de lançamento da legislação. Por meio destes fatores, promover melhorias que possibilitem, através de tratamento, reutilizar a água de lavagem de material de reciclagem, em circuito fechado. A melhoria busca trazer benefícios econômicos e ambientais, sem prejuízo da qualidade do produto final e atender os padrões de lançamentos da legislação vigente.

MATERIAIS E MÉTODOS

A empresa objeto do estudo utiliza polímeros na forma de filmes (sacos e sacolas) coletados por comércio de sucatas, catadores, autônomos, e cooperativas de reciclagem da região de Tatuí, Sorocaba, Cerquilha e Capela do Alto. Após o beneficiamento, que se traduz em triagem, moagem, lavagem e secagem, a empresa repassa o material para processamento da matéria prima via extrusão para matriz, na qual são confeccionadas telas, sacos plásticos, lonas etc. Na situação atual, a empresa renova quinzenalmente 14mil litros de água usada no processo de lavagem de cerca de 23.800 kg/semana de matéria-prima, descartando os efluentes gerados em um tanque de decantação.

Os filmes plásticos foram classificados, basicamente, em três categorias, Filmes de Polietileno de Alta Densidade (PEAD ou HDPE), Polietileno de Baixa Densidade (PEBD ou LDPE) e Polipropileno (PP). Os materiais mistos, encontrados nos lotes considerados inadequados, são ensacados para posterior descarte e envio ao Aterro Sanitário Municipal e representam, segundo dados da própria empresa, aproximadamente 33% de toda a matéria-prima recebida.

As embalagens, ainda inteiras, são transportadas por esteiras mecânicas até os moinhos de facas rotativas provido de bicos injetores de água sob pressão, responsável pela moagem e reposição de água nas banheiras. As saídas dos moinhos são direcionadas às duas banheiras de lavagem, em formato de canal, com 6m de comprimento, por 1,30 m de altura, e 1,10 m de largura, com três hastes giratórias, com volume útil de 8 m³ de água. O tanque permite a separação do material flutuante (os polímeros de interesse), do material de maior densidade que a água, tais como areia, silte e resinas, que sedimentam no fundo das banheiras.

Medidas realizadas na própria empresa determinaram que no processo ocorre grande reposição de água devido às perdas do sistema. Para abastecimento a água é coletada em um manancial de águas claras, sem odor perceptível e com poucos resíduos visíveis, que é direcionada a um reservatório com capacidade para de 7.000 litros de água. Para avaliar o volume de água consumido por dia foram realizadas as seguintes etapas:

- a. Preenchimento do volume total de um dos tanques de lavagem,
- b. Abastecimento, em sua capacidade máxima, do reservatório com posterior fechamento da válvula de controle de entrada de água,
- c. Foram ligados os equipamentos, durante seu funcionamento o sistema foi abastecido somente pela água retida no reservatório,
- d. Desligamento dos equipamentos após sete horas ininterruptas de funcionamento, e fechamento da válvula de fornecimento de água ao sistema,
- e. No tanque vazio foi depositado o restante da água retida no reservatório.

Para a reutilização da água de lavagem de material de reciclagem, em circuito fechado, gerados na operação de lavagem de embalagens plásticas de uma empresa recicladora de plásticos instalada no município de Tatuí, Estado de São Paulo, foi estabelecido o potencial poluente do descarte atualmente realizado no corpo receptor.

O trabalho foi executado em duas etapas, através da coleta e investigação realizada por técnicos no laboratório da RMOC - Divisão Controle Sanitário, e posterior análise por checagem, com os quesitos referenciados em legislação, que poderiam proporcionar alterações quanto ao descarte em manancial na propriedade. Alguns fatores, ao avaliar as características dos efluentes líquidos, se encontram em desacordo com os referenciais estabelecidos nos padrões de lançamentos da legislação vigente, sendo necessário promover ações que melhorem a eficiência do processo através de tratamento visando o reuso da água no mesmo sistema.

Para a realização do diagnóstico preliminar de qualidade da água foi coletado efluente resultante da lavagem de filmes plásticos em dois lotes distintos. A primeira coleta foi realizada dia 02/08/2012, às 11:45h, sendo que o efluente do qual se obtiveram as amostras foi utilizado no processo de lavagem pelo período de 11 dias. A segunda coleta foi realizada dia 08/10/2012 - 09:50h, com efluente utilizado no processo pelo período de 15 dias de lavagem. Nos dois períodos foram processados os 3 tipos de plásticos, não sendo possível uma mensuração da quantidade de cada um. O diagnóstico das características do efluente de lavagem foi feito a partir das seguintes etapas:

- a) Recolhimento de amostras do efluente de lavagem dos filmes plásticos após onze e quinze dias de lavagem de filmes plásticos;
- b) As amostras foram filtradas em tela de malha fina, 2 mm, objetivando a remoção dos sólidos suspensos, oriundos de rótulos e/ou embalagens plásticas, e pequenos fragmentos de plástico;
- c) Após filtragem o efluente ficou em repouso por duas horas para decantação das partículas de maior gramatura, porém a turbidez permaneceu visualmente similar à retirada inicialmente do tanque;
- d) Antes do armazenamento nos frascos, para transporte refrigerado até o laboratório, foi medido o pH, e a temperatura;
- e) Alguns frascos foram devidamente preparados com reagentes, conforme estabelecido no Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater (APHA, 2005), conforme destinação de análise;
- f) As análises laboratoriais, baseadas no Decreto 8468, Art. 18 (1976), foram realizadas pela Divisão de Controle Sanitário – RMOC, vinculado a Companhia de Saneamento Básico – SABESP, situada em Botucatu, SP e consistiram de: série de metais, pH, temperatura, sólidos sedimentáveis, sólidos suspensos, óleos e graxas, DQO, DBO e fluoretos.
- g) A coleta foi realizada pelo coletor responsável da RMOC, na presença do engenheiro químico do laboratório.

A legislação de lançamento de efluentes sofreu uma revisão através da Resolução Nº 430/11, do CONAMA, estabelecendo alguns referenciais que estavam ausentes na legislação anterior, porém não mensurando determinados parâmetros anteriormente contemplados no Decreto Estadual nº 8468/76, como Cobre Total e Cromo Total. Essas divergências levam a necessidade comparar os parâmetros alcançados nos ensaios com ambos os instrumentos legais, como forma de avaliar se os índices encontrados estão adequados aos parâmetros de lançamentos em vigor na legislação.

RESULTADOS

Baseado no processo realizado para avaliar o volume de água consumido por dia constatou-se que são consumidos, para o funcionamento das facas rotativas e reposição da água retida pelo material durante a lavagem, nos dois tanques de lavagem, o volume de aproximadamente 30.800 litros de água semanais. Ou seja, como cada tanque possui a capacidade de 7m³ de água, após um dia de trabalho ocorre durante o processo à reposição de cerca de 4.2 m³, correspondente a mais de 50% do volume total utilizado em um dia de lavagem.

A Tabela 1 apresenta os resultados do diagnóstico inicial do efluente de lavagem da recicladora em estudo. Os parâmetros analisados pelo laboratório foram confrontados com os estabelecidos pelo Decreto Estadual nº 8.468, de 8 de setembro de 1976 (SÃO PAULO, 1976), e complementado, para outras substâncias potencialmente prejudiciais, em concentrações máximas, com a Resolução nº 430, de 13 de maio de 2011, do CONAMA (CONAMA, 2011). Os efluentes para descarte não poderão conferir ao corpo receptor características de qualidade em desacordo com as metas obrigatórias presentes no seu enquadramento. Em caso de desacordo se faz necessário estabelecer medidas que vise neutralizar os eventuais efeitos do lançamento, este comparativo deve-se ao descarte atualmente realizado pela empresa em corpo hídrico existente no local.

Tabela 1 - Análise comparativa dos resultados obtidos nos diagnósticos de efluentes em 02/08/2012 e 08/10/2012 com parâmetros do Decreto 8468/76 e da Resolução CONAMA nº 430/2011, com destaque para os parâmetros que extrapolaram os limites ou que não são contemplados pela legislação.

Parâmetro	Concentrações máximas			
	Laboratório RMOC		Decreto nº 8468/76*	Resolução Nº 430/11
	Amostra de 2/8/12	Amostra de 8/10/12		
Arsênio total - mg/L	0,043		0,2	0,5
Bário total - mg/L	0,405	<0,06	5,0	5,0
Cádmio total - mg/L	0,008	<0,1	0,2	0,2
Chumbo total - mg/L	0,374	<0,001	0,5	0,5
Cobre total - mg/L	0,8589	<0,005	1,0	-----
Cobre dissolvido mg/L	-----	0,076	-----	1,0
Cromo Total - mg/L	0,086		5,0	-----
Cromo hexavalentemg/L		<0,007		0,1
Cromo trivalente mg/L	-----		-----	1,0
Demanda Bioquímica de Oxigênio - mg/L	1450		60	Remoção mín. 60% *1
Demanda Química de Oxigênio Total - mg/L	2916	680	-----	-----
Estanho total - mg/L	0,1997	1289	4,0	4,0
Ferro total - mg/L	42,25	<0,03	-----	-----
Ferro solúvel (Fe2 +) - mg/L	-----	28,7	15,0	15,0
Manganês total - mg/L	1,799		-----	-----
Manganês solúvel (Mn2 +) - mg/L	-----	0,84	1,0	1,0
Mercurio total - mg/L	< 0,0005		0,01	0,01
Níquel total - mg/L	0,0234	0,00147	2,0	2,0
Óleos e Graxas - mg/L	170	<0,005	-----	-----
Óleos minerais - mg/L	-----	85,2	-----	Até 20
Óleos vegetais e gorduras animais - mg/L	-----		-----	Até 50
Prata total - mg/L	<0,001		0,02	0,1
Selênio total - mg/L	< 0,003	<0,004	0,02	0,30
Sólidos Sedimentáveis - mL/L	0,5	<0,003	até 1,0	Até 1,0
Sólidos Suspensos Totais - mg/L	1840		-----	-----
Materiais flutuantes	-----		-----	Ausência
Temperatura da Amostra - °C	23	25,7	Inferior a 40°C	Inferior a 40°C
Zinco total - mg/L	2,192	<0,05	5,0	5,0
Fluoreto - mg/L	0,4		-----	10,0
pH	6,6	5,6	Entre 5,0e 9,0	Entre 5,0e 9,0

* = regime de lançamento com vazão máxima de até 1,5 (um vírgula cinco) vezes a vazão média diária.

*1 = Este limite só poderá ser reduzido no caso de existência de estudo de autodepuração do corpo hídrico receptor que comprove atendimento às metas do enquadramento do corpo receptor.

Observando a Tabela 1, valor de Cobre Total, de 0,8589 mg/L, está abaixo do valor de referência estabelecido pelo Decreto Estadual nº 8468/76, de 1 mg/L, não comprometendo o efluente para lançamento. O mesmo ocorre com o Cromo Total; o maior valor encontrado na análise foi de 0,086 mg/L, abaixo dos valores referenciados pelo Decreto Estadual nº 8468/76, de 5 mg/L como concentração máxima. Mesmo estes fatores não sendo referenciado na Resolução nº 430/2011, conclui-se que os parâmetros são aceitáveis uma vez que o Decreto encontra-se em vigor.

Os Sólidos Suspensos Totais não são exigência da resolução, mas sua mensuração no laboratório apontou concentração de 1840mg/L, mesmo após o descanso de duas horas, o que propiciou a decantação de parte do material, o que corrobora a suspeita da não alteração visual na turbidez percebida durante a coleta da amostra.

A Tabela 2 apresenta os resultados de sólidos sedimentáveis para as duas amostras. De acordo com a Tabela, os sólidos sedimentáveis apresentam-se dentro dos parâmetros da legislação de até 1 ml/L. Observando o valor mensurado de sólidos totais em relação aos sedimentáveis, pode-se constatar que os sólidos presentes estão em sua maioria dissolvidos, pois apesar do período de espera para coleta que propiciou a decantação de parte do material suspenso na primeira amostra, os valores da segunda encontram-se significativamente inferiores, caracterizando pequena presença de material em suspensão, ou seja, passível de sofrer sedimentação.

Tabela 2 - Análise comparativa dos resultados obtidos de sólidos sedimentáveis.

	Amostra de 2/8/12	Amostra de 8/10/12	Resolução Nº 430/11
Sólidos sedimentáveis	0.5mL/L	<0,003 mL/L	1 ml/L

Óleos e graxas apresentam, em sua maior concentração, 170 mg/L, o que está acima do estabelecido pela Resolução (máximo de 20 mg/L para óleos minerais e de 50 mg/L para óleos vegetais e gorduras animais). O manganês total apresenta-se, em sua maior concentração, com 1,799 mg/L. Como o referencial da portaria remete a concentração máxima do manganês dissolvido de 1mg/L, pondera-se que o valor encontrado supera a concentração ideal.

O efluente apresentou valor de ferro total de 42,25 mg/L, quase três vezes acima do valor médio de referência para ferro solúvel que é de 15mg/L. O valor elevado pode ser considerado um caso excepcional, uma vez que os metais são removidos na triagem antes do início do processo com um ímã. Dessa forma, a quantidade de metais ferrosos pode advir do desgaste dos equipamentos, feitos basicamente de aço e ferro fundido. Há ainda que se considerarem as altas DBO e DQO do efluente, o que demandam uma intervenção para diminuir seu impacto no lançamento.

CONCLUSÕES

A análise permitiu identificar a concentração e os principais contaminantes resultantes da atividade de lavagem de filmes plásticos na indústria de reciclagem de plásticos. Destaque pode ser dado para o elemento Ferro e o teor de sólidos suspensos, superiores ao permitido na legislação de lançamento de efluentes, e de modo semelhante estão a DBO e DQO que leva em consideração o estudo de autodepuração do corpo hídrico para avaliação do enquadramento do efluente.

Os dados obtidos através da análise dos efluentes brutos permitiram relacionar a influência da quantidade de plásticos reciclados e o tempo de retenção deste efluente no tanque com o volume de contaminantes presentes na água residual. Com a retenção no mesmo tanque de lavagem dos resíduos presentes no material lavado, devido à reutilização da mesma água pelo período de duas semanas, o efluente agrega um volume maior de partículas.

Parte dos materiais presentes, foram agregados diretamente do material que, pela diversidade de fornecedores e forma de obtenção do resíduo, propicia o grande volume de sólidos constatado. Outro fator está relacionado à água de abastecimento do processo que por ser utilizada “*in natura*” agrega ao efluente resultante do processo parte de suas características, aumentando a quantidade de sólidos averiguada.

Futuramente, de posse de um conjunto de dados mais representativos, se buscará o tratamento mais adequado, que permita a remoção de compostos ou substâncias específicas visando melhora dos parâmetros (em especial os que se mostraram fora do recomendado) para o lançamento seguro do efluente no corpo d’água.

Para o reuso da água no próprio processo deverá serão ser avaliados outros parâmetros, através de ensaios, das características da água requerida para o processo de lavagem de filmes plásticos. Os efluentes podem atender os padrões de lançamentos para a situação de descarte, porém podem estar dentro de restrições cuja aplicação pode não atender aos padrões necessários ao processo de reuso.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. APHA; AWWA; WEF. **Standard methods for the examination of water and wastewater**. 21 th ed., American Public Health Association, Washington, 2005
2. CONAMA - Conselho Nacional do Meio Ambiente. **Resolução nº 430, de 13 de maio de 2011**. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=646> Acesso em: 15/12/2011.
3. FARIA, Adriano Uemura de. **Polihidroxibutirato (Phb) e da Blenda Pp/Phb (1:1) por Microrganismos de Rio Poluído e Efluente Bruto de Refinaria de Petróleo**. 2009. 53 p. Monografia (Mestre em Ciências Biológicas (Microbiologia Aplicada) - Instituto de Biociências, Universidade Estadual Paulista, São Carlos.
4. SANTOS, A.S. *et al.* **Tendências e desafios da reciclagem de embalagens plásticas**. *Polímeros: Ciência e Tecnologia*, v. 14, n.5, p.307-312, 2004.
5. SÃO PAULO (Estado). **Decreto nº 8.468, de 08 de setembro de 1976**. Aprova o Regulamento da Lei n. 997, de 31 de maio de 1976, que dispõe sobre a prevenção e o controle da poluição do meio ambiente. Disponível em: http://licenciamento.cetesb.sp.gov.br/legislacao/estadual/decretos/1976_Dec_Est_8468.pdf Acesso em: 10/02/2012.
6. SÃO PAULO (Estado). **Decreto nº 54.487, de 26 de junho de 2009**. Altera a redação e inclui dispositivos e anexos no Regulamento da Lei nº 997, de 31 de maio de 1976, aprovado pelo Decreto nº 8.468, de 8 de setembro de 1976, que dispõe sobre o controle da poluição do meio ambiente e dá outras providências. Disponível em: http://www.cetesb.sp.gov.br/Institucional/documentos/dec_54487_2009.pdf Acesso em: 10/02/2012.
7. MUSTAFA, N. - **Plastics waste management: disposal, recycling and reuse**. New York: Marcel Dekker, 1993.