



## II-167 - CARACTERIZAÇÃO DAS ÁGUAS DE LAVAGEM DE UMA RECICLADORA DE PLÁSTICOS E VIABILIDADE DO SEU REÚSO

### **Érika Justa Teixeira Rocha<sup>(1)</sup>**

Engenheira Civil pela Universidade Federal do Ceará. Mestre em Engenharia Civil – Saneamento Ambiental pela Universidade Federal do Ceará. Pesquisadora do CNPq – Projeto CT-HIDRO.

### **Suetônio Mota**

Engenheiro Civil e Sanitarista. Doutor em Saúde Pública. Professor Titular do Departamento de Engenharia Hidráulica e Ambiental do Centro de Tecnologia da Universidade Federal do Ceará.

### **Soraia Tavares de Sousa**

Engenheira Civil pela Universidade Federal do Ceará. Mestranda em Engenharia Civil na área de Saneamento Ambiental na Universidade Federal do Ceará.

### **Marisete Dantas de Aquino**

Doutor em Meio Ambiente/Recursos Hídricos. Professora Adjunto do Departamento de Engenharia Hidráulica e Ambiental do Centro de Tecnologia da Universidade Federal do Ceará.

**Endereço<sup>(1)</sup>:** Rua Maria Alves Ribeiro, 315 - Messejana - Fortaleza - CE - CEP: 60865-040 - Brasil - Tel: +55 (85) 3274-6811 - e-mail: [erikarocha@hotmail.com](mailto:erikarocha@hotmail.com)

### **RESUMO**

O presente trabalho tem como objetivo caracterizar as águas de lavagem de uma recicladora de plástico (tipo filme) para avaliar o incremento de carga orgânica à água bruta, através de parâmetros indicadores das características físico-químicas, e com isso analisar a possibilidade de reciclagem da água. Para isso, procederam-se a coleta da água e do efluente e suas respectivas análises. As análises escolhidas foram de DBO, DQO, OD, ST e SSed. As amostras foram coletadas em uma recicladora de plásticos localizada no Distrito Industrial – Maracanaú/CE sempre no mesmo horário e com periodicidade quinzenal, durante os meses de abril a junho/03. A coleta foi feita no início e no final do tanque de lavagem ao final do ciclo de lavagem, em torno das 17h. A água de lavagem apresentou-se com altas concentrações devido ao alto tempo de retenção no tanque de lavagem. A partir dos resultados obtidos observa-se a necessidade do tratamento do efluente, quer para adequá-lo ao descarte na rede coletora pública, quer para reciclar a água. Uma avaliação cuidadosa sobre a viabilidade de alimentação contínua do tanque deve ser estudada. O descarte desse efluente sem tratamento prévio pode causar uma série de impactos ao meio ambiente e, mais gravemente, à saúde pública. O reúso do efluente é viável desde que o mesmo seja tratado para obter qualidade similar à da água bruta. Essa reciclagem da água na indústria deve ser incentivada por que além de reduzir poluição o meio ambiente pode reduzir os gastos com o descarte e com a outorga.

**PALAVRAS-CHAVE:** Reúso, Reciclagem de plásticos, Caracterização, Tratamento.

### **INTRODUÇÃO**

A industrialização, o aumento do poder aquisitivo, a concentração populacional nas grandes cidades, trouxeram um aumento na quantidade de resíduos sólidos, além de uma mudança significativa na sua composição.

Rego *et al.* (2002) dizem que sendo a geração de resíduos sólidos urbanos (RSU) proporcional ao crescimento populacional, esta necessita de uma maior quantidade de serviços de coleta pública e esses resíduos, se não coletados e tratados adequadamente, provocam efeitos diretos e indiretos na saúde, além de impactar negativamente o meio ambiente.

De acordo com o CEMPRE/IPT (2000), o impacto causado ao meio ambiente pela produção desenfreada de lixo tem levado governo e sociedade a promover estudos e buscar alternativas para minimizar a degradação da natureza e aumentar o bem estar da sociedade como um todo. Reduzir o desperdício é uma das formas de se contribuir para a preservação do meio ambiente, conservando as reservas naturais, sua flora e sua fauna.



## 23º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental

Com isso, tornou-se necessário a busca por alternativas para a redução dos resíduos sólidos. Neste contexto, a reciclagem aparece como um instrumento importante no gerenciamento dos resíduos sólidos.

Porém, como todo processo industrial, a reciclagem gera resíduos sólidos e líquidos que devem ser tratados adequadamente. A caracterização do efluente é imprescindível para a escolha do tratamento adequado, além de ser necessária para avaliar o grau de poluição do mesmo ao ser lançado indiscriminadamente no meio ambiente.

O efluente da reciclagem quando não tratado pode gerar uma poluição maior e mais rápida do que a disposição inadequada do resíduo sólido.

Segundo Santos e Souza (2000), os recursos hídricos tanto superficiais como subterrâneos, estão se tornando cada vez mais escassos como consequência do aumento mundial da população e da intervenção do ser humano no ambiente. Nesse processo, têm sido afetados cada vez mais negativamente em sua qualidade, nas reservas disponíveis e na capacidade natural de autodepuração.

Torna-se fundamental que a reciclagem seja efetivada em todos os sentidos, tanto em relação aos resíduos desviados dos aterros, quanto aos resíduos gerados pelo próprio processo de reciclagem. Para isso, deve-se observar a qualidade dos resíduos industriais e, em seguida, buscar alternativas para tratá-los adequadamente.

Os plásticos filmes, por possuírem uma grande área superficial, são facilmente poluídos. Entre os poluentes, encontram-se restos de alimentos, gorduras, papel, etiquetas, grampos e sujeira em geral. A lavagem deste material gera um líquido com potencial poluidor elevado, que deve ser tratado e disposto de acordo com a legislação vigente.

Tendo em vista a implantação do reúso, devem ser considerados, entre outros, os aspectos sócio-econômicos, aspectos de saúde pública e aspectos ambientais, além de um rigoroso controle na qualidade físico-química e bacteriológica da água residuária utilizada.

Para a viabilidade do reúso é importante o entendimento desta ação como a adição de uma Política de Economia de Água. No caso da indústria, é fundamental a participação da alta direção, a qual deverá estar comprometida com a política de reúso, direcionando e apoiando a implantação das ações necessárias (FIESP, 2004).

De acordo com Hespanhol (2003) o sucesso de planos de reúso, depende da maneira e profundidade com que as ações e atitudes seguintes, forem efetivamente implementadas:

- Critérios adotados para avaliar as alternativas de reúso propostas;
- Escolha de estratégias de uso único ou uso múltiplo dos esgotos;
- Provisões gerenciais e organizacionais estabelecidas, para administrar os esgotos, e para selecionar e implantar o plano de reúso;
- Importância dada às considerações de saúde pública, e os riscos correspondentes;
- Nível de apreciação da possibilidade de estabelecimento de um recurso florestal, através de irrigação com os esgotos disponíveis.

### **MATERIAIS E MÉTODOS**

Inicialmente escolheu-se uma recicladora onde fossem feitas as coletas das amostras a serem analisadas. A empresa localiza-se no Distrito Industrial - Maracanaú/CE. Esta empresa compra plásticos-filme de sucateiros e de indústrias, recicla e, em seguida, produz sacos para lixo.

Na etapa da lavagem, não é adicionado qualquer produto à água. A lavagem é feita por hélices, que removem a sujeira através de "pancadas". Como a hélice não é totalmente submersa, o seu movimento giratório permite também a dissolução de oxigênio na massa líquida.

O tanque de lavagem possui dimensões de 6,00m x 1,50m x 1,20m, o que equivale a um volume de 10,8 m<sup>3</sup>. O tanque é alimentado por água bruta comprada a COGERH – Companhia de Gestão dos Recursos Hídricos



## 23º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental

do Ceará. No início do dia, aproximadamente às 07h30minh da manhã, o tanque é cheio e, ao final do dia, aproximadamente às 17h00minh, é esvaziado. O efluente da lavagem é lançado em uma lagoa localizada atrás da recicladora.

Para a caracterização do efluente, inicialmente, coletou-se amostras da água bruta, antes de entrar no tanque de lavagem, e em seguida, coletou-se no próprio tanque de lavagem, ao final de 8 (oito) horas de lavagem.

As coletas foram realizadas, sempre no fim da tarde, entre os meses de abril e junho/03. As amostras foram coletadas em garrafas PET de 2 (dois) litros. Vale salientar que as amostras foram coletadas no período chuvoso. E que, ocasionalmente, o descarte do efluente era feito mais de uma vez ao dia.

As amostras foram transportadas para o LABOSAN – Laboratório de Saneamento do Departamento de Engenharia Hidráulica e Ambiental/UFC, onde foram analisadas no mesmo dia em que foram coletadas, ou, quando não era possível, ficavam mantidas refrigeradas a 4°C e eram analisadas no dia seguinte.

Os parâmetros analisados e os métodos utilizados estão apresentados na Tabela 01. Todos os métodos estão descritos no STANDARD METHODS (APHA, 1992). Os dados obtidos foram submetidos a um tratamento estatístico e calculadas as médias aritméticas, os mínimos e os máximos, tanto para a água bruta como para o efluente final da lavagem. Através dos resultados, chegou-se a conclusão sobre a qualidade da água bruta e do efluente.

**Tabela 1: Métodos utilizados nas análises de cada parâmetro.**

Parâmetro	Método
Oxigênio Dissolvido (OD)	Iodométrico
Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO)	Azida Sódica Modificada
Demanda Química de Oxigênio (DQO)	Colorimétrico
Sólidos Totais (ST)	Gravimétrico
Sólidos Sedimentáveis (Ssed)	Cone Imhoff

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados obtidos para a água bruta, coletada na entrada do tanque de lavagem, estão apresentados na Tabela 2, enquanto para o efluente da lavagem, coletado na saída do tanque, estão na Tabela 3.

**Tabela 2: Resultados obtidos para as análises da água bruta.**

Parâmetro	Média	Mínimo	Máximo
DBO (mg/L)	25	19	32
DQO (mg/L)	61,5	28,7	85,7
OD (mg/L)	7,75	7,15	8,5
ST (mg/L)	222,00	160,00	271,00
SSed (mL/L/h)	0,75	1,5	-

**Tabela 3: Resultados obtidos para as análises do efluente da lavagem.**

Parâmetro	Média	Mínimo	Máximo
DBO (mg/L)	2334	1683	3228
DQO (mg/L)	4367	4056,7	4838,7
OD (mg/L)	7,76	7,39	8,53
ST (mg/L)	5844,30	3440,00	10295,00
SSed (mL/L/h)	80,5	65	99

De acordo com os resultados apresentados, observa-se que a água bruta entra no tanque de lavagem com características de água doce de classe 2, com uma ressalva sobre a DBO, que está acima do valor exigido, segundo a Resolução CONAMA N° 357/05. A concentração encontrada para água bruta está elevada, mesmo se ela for enquadrada como uma água de classe 3. Esta composição pode ter a contribuição advinda das populações que vivem no entorno do reservatório, ao despejarem resíduos nas margens e até mesmo dentro do manancial.



## 23º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental

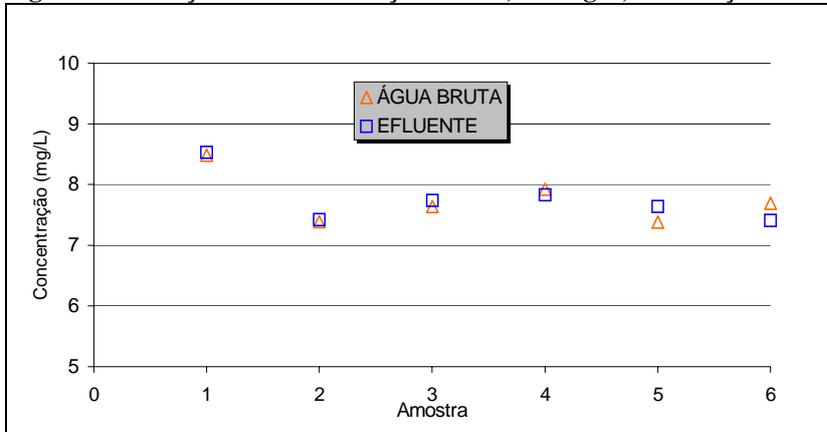
O efluente da lavagem sofre um incremento de matéria orgânica muito grande, conferindo à água um teor de poluição bastante elevado. A concentração média de DBO do efluente é cerca de 75 vezes superior a da água bruta. Isto se deve ao incremento de sólidos na lavagem do plástico.

A DBO indica, de forma indireta, através do consumo de OD, o grau de poluição da água residuária. Comparando-se a DBO média do efluente da lavagem com a DBO típica de um esgoto doméstico bruto (em torno de 300mg/L), percebe-se o quão poluído está o efluente, pois o mesmo é cerca de 10 vezes maior que a concentração do esgoto doméstico bruto.

A água bruta apresentou um valor de DQO alto para água bruta, mas baixo para uma água poluída. A partir destes valores, pode-se dizer que esta água recebeu contribuição de carga orgânica. A DQO do efluente também está elevada, se comparada ao esgoto doméstico bruto, que é cerca de 600 mg/L. O teor de sólidos justifica os altos valores de DBO e DQO.

A Figura 1 mostra a comparação entre os valores obtidos para o oxigênio dissolvido tanto da água bruta como o do efluente de acordo com a data de coleta. Percebe-se pouca diferença entre a água bruta e o efluente.

**Figura 1: Variação da Concentração de OD, em mg/L, em Função da Data de Coleta.**



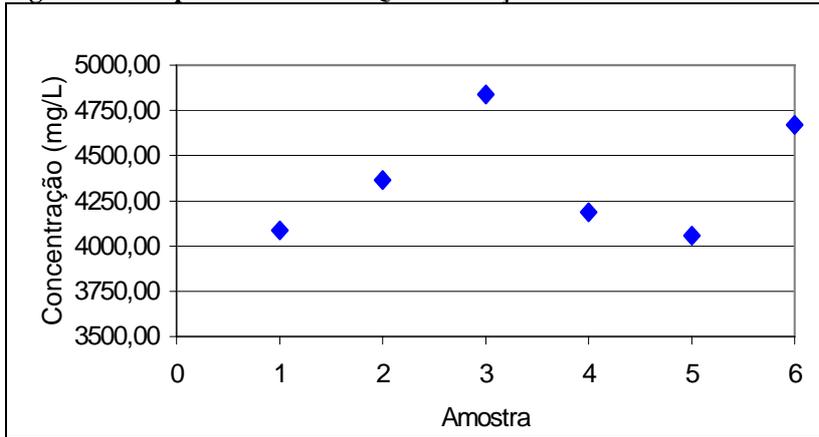
As concentrações de oxigênio dissolvido (OD) apresentaram em alguns casos um acréscimo no efluente. Isso ocorre devido ao revolvimento da massa líquida pelas hélices do tanque de lavagem, que no seu movimento dissolviam oxigênio na água.

A relação DQO/DBO<sub>5</sub> encontrada foi de 1,3. Comparando-se com a faixa admitida para esgoto doméstico, que varia de 1,7 a 2,4, pode-se considerar este valor baixo. Isto indica que a fração biodegradável do efluente é alta e que o tratamento biológico seja mais adequado.

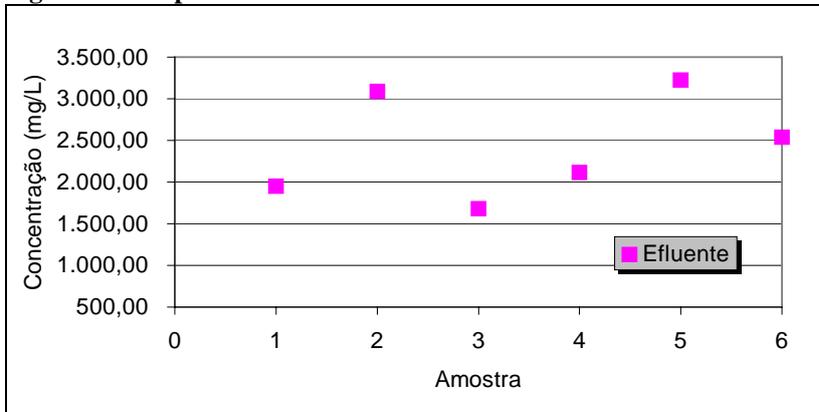
As Figura 2 e 3 apresentam o comportamento da DQO e DBO de acordo com a data da coleta, respectivamente. Observa-se que seus valores são todos bastante elevados.



**Figura 2: Comportamento da DQO em função da data de coleta.**

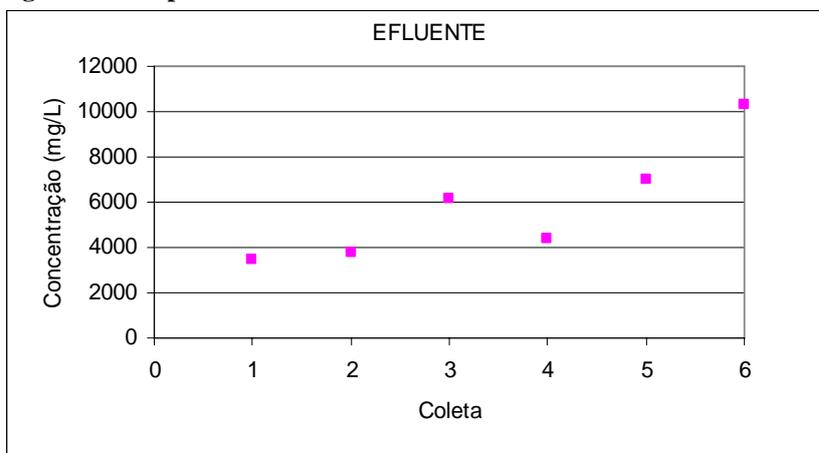


**Figura 3: Comportamento da DBO do efluente de acordo com a coleta.**



A Figura 4 mostra os valores encontrados para os ST de acordo com as coletas. Os valores obtidos estão elevados, o que corrobora com os valores de DBO e DQO. Diante desses resultados uma remoção de sólidos, como um tanque de sedimentação, reduziria bastante a concentração da DBO e DQO. Nos ensaios feitos no Cone Imhoff observou-se uma grande sedimentação desses sólidos comprovando assim a remoção esperada e também alerta para a possibilidade da alimentação contínua.

**Figura 4: Comportamento dos ST do efluente de acordo com a coleta.**



## VIABILIDADE DO REÚSO

A água é um insumo vital às atividades e operações de qualquer setor industrial. No entanto, o panorama de escassez hídrica, principalmente nos grandes centros urbanos, somado à rigidez das legislações, que deve ser



## 23º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental

cada vez maior tendo em vista o cenário ambiental insustentável, bem como os custos relativos à outorga pelo uso e cobrança da água, vêm incentivando a busca por soluções que viabilizem as atividades industriais, seja no aspecto econômico, como no ambiental e social (FIESP, 2004).

A reciclagem da água será sempre viável do ponto de vista ambiental, mas deve também ser avaliada sob o aspecto econômico.

Nessas condições, o conceito de “substituição de fontes”, se mostra como a alternativa mais plausível para satisfazer a demandas menos restritivas, liberando as águas de melhor qualidade para usos mais nobres, como o abastecimento doméstico (HESPANHOL, 2003).

A água utilizada na lavagem não possui grandes restrições, isso habilita o uso de efluentes tratados ao processo sem prejuízos ao produto final.

A qualidade final do efluente tratado deve ser similar à da água bruta. Como o processo de reciclagem visa à obtenção de polímeros que serão reconduzidos ao processo industrial, torna-se necessário a ausência de substâncias que comprometam a qualidade da resina.

Para um efluente como esse, devido ao alto nível de material orgânico presente no efluente, é necessário que seja feito um tratamento para qualquer fim que seja dado ao mesmo. Para uma remoção de 90% da DQO ainda dá uma DQO remanescente de, aproximadamente, 436mg/L. Esse grau de eficiência é obtido com um tratamento adequado para a remoção de sólidos.

Para uma avaliação da viabilidade econômica do reúso é preciso prever custos com a outorga e o lançamento do efluente. Vale salientar que mesmo para ser lançado em rede coletora o efluente deve atender aos padrões de lançamento, ou seja, não está isento de tratamento.

Deve também ser considerada a possibilidade da alimentação contínua do tanque, pois com isso seria reduzido o tempo de lavagem e conseqüentemente o grau de poluição, e conseqüentemente o custo do tratamento.

### CONCLUSÕES

Com base no trabalho realizado, concluiu-se que:

- Os efluentes gerados na lavagem de plásticos da recicladora apresentam-se bastante concentrados em razão do alto tempo de retenção no tanque de lavagem.
- As concentrações obtidas comprovam a necessidade de um tratamento para adequar o efluente ao descarte na rede coletora pública ou para habilitá-lo ao reúso.
- O material lavado possui origens diversas, resultando, assim, na grande quantidade de detritos lançados no tanque de lavagem.
- A concentração de sólidos totais (ST) encontrada no efluente foi bastante alta, implicando em alto teor de DBO e DQO; apesar disso, o teor de OD não foi reduzido.
- O OD manteve-se quase inalterado devido à rotação das hélices de lavagem que dissolviam oxigênio à massa líquida.
- Os teores de sólidos sedimentáveis encontrados mostram a quantidade de matéria orgânica que pode ser retida com uma simples sedimentação, reduzindo consideravelmente o grau de poluição do efluente.
- A água bruta comprada a COGERH – Companhia de Gestão de Recursos Hídricos do Ceará possui características condizentes com uma água de classe 3, segundo a Resolução CONAMA N°357/05.
- Como a água bruta possui uma qualidade adequada para a lavagem de plásticos, entende-se que o incremento de carga orgânica durante a lavagem é bastante elevado, e esse aumento origina-se tanto da presença de sujidades encontradas no plástico, como do tempo de lavagem, que é muito longo.



## 23º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental

- Para habilitar o efluente aos padrões estabelecidos para o lançamento na rede coletora pública, deve-se tratá-lo de modo que sua carga orgânica fique compatível com a de um esgoto doméstico bruto.
- A recirculação do efluente, no processo industrial, é possível desde que seja feito um tratamento adequado e que o líquido resultante do tratamento tenha características semelhantes às da água bruta e que não contenha substâncias químicas que possam interferir no processo industrial e, com isso possam alterar as características do produto acabado.
- O tratamento do efluente será tão mais econômico quanto menos concentrado ele for. Para isso, deve-se fazer uma avaliação econômica da alimentação contínua do tanque, que iria diluir consideravelmente o efluente.
- O reúso para outros fins deve ser avaliado particularmente, mas com o tratamento adequado este torna-se possível e deve ser incentivado.

### REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. APHA. Standard Methods for Examination of Water and Wastewater. 18ª edição. Washington. 1992.
2. BRASIL. CONAMA. Resolução Nº 357. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento. Diário Oficial. 17/03/2005.
3. CEMPRE/IPT. Lixo Municipal. Manual de Gerenciamento Integrado. São Paulo. 2000.
4. FIESP. Manual de conservação e reúso de água. São Paulo. 2004. Disponível em: [www.ana.gov.br/Destaque/destaque179.asp](http://www.ana.gov.br/Destaque/destaque179.asp).
5. HESPANHOL, I. Potencial de reúso de água no Brasil: agricultura, indústria, municípios, recarga de aquíferos. Bahia Análise e Dados, v.13, n. especial, p. 411-437. Salvador/BA. 2003.
6. REGO, R.C.F., BARRETO, M.L., KILINGER, C.L. “O que é lixo afinal? Como pensam mulheres residentes na periferia de um grande centro urbano” Em: Caderno de Saúde Pública, V.18, n.6, 2002.
7. ROCHA, E.J.T. Caracterização física, química e biológica das águas de lavagem de uma recicladora de plástico e proposição do pré-tratamento visando ao seu reúso. Fortaleza, 2004. Dissertação de mestrado – Faculdade de Engenharia Civil – Universidade Federal do Ceará, 2004.
8. SANTOS, I., SOUZA, M.A.A. Reúso de água: uma análise da adequabilidade da utilização das águas residuárias tratadas no Distrito Federal. XXVII Congresso Interamericano de Engenharia Sanitária e Ambiental. Porto Alegre. 2000.