■ ■ ■ artigos técnicos

Tratamento de Efluentes de uma Indústria de Reciclagem de Embalagens Plásticas de Óleos Lubrificantes: Processo Biológico e Físico-Químico

Wastewater Treatment of Industrial Plastic Packaging Recycling Oil Lubricants: Biological Process and Physico-Chemical

Carlos Gomes da Nave Mendes *

Engenheiro Civil (EESC/USP), Mestrado em Engenharia Civil, Hidráulica e Saneamento (EESC/USP), Doutorado em Engenharia Civil, Hidráulica e Saneamento (EESC/USP), Professor do Departamento de Saneamento e Ambiente (FEC/UNICAMP)

Francisco Navarro

Mestrando em Engenharia Civil (FEC/UNICAMP)

José Roberto Guimarães

Químico (Unicamp), Mestrado em Química (Unicamp), Doutorado em Química (Unicamp), Professor do Departamento de Saneamento e Ambiente (FEC/UNICAMP)

*Endereço: * Faculdade de Engenharia Civil Unicamp Departamento de Saneamento e Ambiente - Av. Albert Einstein, 951 - Caixa Postal: 6021 - CEP: 13083-852 - Campinas - SP
cgdanave@fec.unicamp.br*

RESUMO

A proposta deste trabalho foi avaliar o desempenho individual do processo de lodos ativados por batelada (LAB) e da flotação por ar dissolvido (FAD) para tratar águas residuárias de uma indústria de reciclagem de embalagens plásticas com resíduo de óleo lubrificante, compostas pela água de lavagem dos frascos plásticos misturadas com esgoto sanitário. Para a realização da fase experimental do sistema LAB foi testada a influência da idade do lodo, assim como da biomassa de partida. Para avaliar o sistema FAD foram testados dois coagulantes químicos diferentes, variando os valores de pH e dosagem. Os dois sistemas de tratamento estudados demonstraram uma grande potencialidade de uso para tratar o tipo de efluente em estudo, porém, o sistema FAD revelou-se como a tecnologia mais adequada para tratar o efluente líquido em estudo.

Palavras chave: óleos lubrificantes, flotação por ar dissolvido, lodos ativados por batelada.

ABSTRACT

The purpose of this work was to study the individual efficiency to treat the industrial effluent, mixture of the plastic container washing process wastewater and sanitary wastewater, by activated sludge process operating in sequencing batch reactors (SBR) and dissolved air flotation (DAF). The experiments for the SBR processes were performed in four completely mixed aerated reactors, which were used to test the influence of the sludge age and the original biomass. To evaluate the second process, DAF, it was used a batch type lab-scale dissolved air flotation installation (floteste). Two different coagulants in different pH values were tested. It is concluded that the activated sludge process and DAF

are technologies with a high potential to treat the liquid effluent originated in a plastic bottles containing originally lubricant oil recycling industry, notwithstanding DAF system was the most adequate method.

Keyword: lubricating oils, dissolved air flotation, activated sludge.

INTRODUÇÃO

Segundo o Sindicato Nacional das Empresas Distribuidoras de Combustíveis e de Lubrificantes, SINDICOM (2007), no ano 2006 foram comercializados 907.753 m³ de óleos lubrificantes no Brasil, que, acondicionados em embalagens plásticas de Polietileno de Alta Densidade (PEAD), são usados diariamente nos locais de troca de óleo (postos de combustíveis, concessionárias de veículos, áreas de manutenção de empresas, aeroportos, etc.). De acordo com FIESP (2006), no Brasil são geradas cerca de 25.100 toneladas/ano de embalagens plásticas usadas com resíduo de óleo.

A destinação final dos frascos plásticos pós-consumo contaminados com óleo lubrificante torna-se um grande problema para o meio ambiente pelo alto potencial poluidor dos plásticos e do óleo residual presente nos frascos. A Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), conforme a Norma Brasileira NBR 10.004 classifica este tipo de embalagens como perigosas por apresentarem um significativo risco à saúde pública e/ou ao meio ambiente.

Segundo Martins (2005) o processo de reciclagem é a técnica mais apropriada para o correto gerenciamento ambiental desse tipo de resíduo. Porém, a necessidade de incluir no processo de reciclagem uma etapa de lavagem dos plásticos com o objetivo de separar o óleo residual para evitar os problemas derivados da sua presença, tem como resultado a geração de um efluente líquido na forma de emulsão oleosa que termina por reabrir outro problema ambiental. O efluente líquido oleoso (emulsão) gerado na etapa de separação (por meio da lavagem dos plásticos com surfactantes) deve ser adequadamente tratado mediante um processo que permita sua descontaminação para eventual descarte na rede pública ou lançamento em mananciais de superfície, ou, principalmente, objetivando sua reciclagem, conjugando desta maneira, o desenvolvimento industrial econômico com a proteção dos recursos naturais, princípio no qual se baseia o conceito de desenvolvimento sustentável.

A flotação é um processo de separação de particulados sólidos ou líquidos mediante a introdução de finas bolhas de ar. Segundo Rubio (2002), dentre os diversos processos de flotação, a flotação por ar dissolvido (FAD) é o método mais amplamente usado no tratamento de efluentes industriais. O FAD é comumente usado para remover sólidos suspensos e óleos e graxas com uma densidade específica levemente menor do que a água. Dentre as vantagens de este tipo de sistema destacam os baixos custos de instalação, desenho compacto, capacidade de tratamento para taxas de carga variáveis e baixo nível de manutenção (USEPA, 2002).

A biodegradação dos hidrocarbonetos de petróleo, principais com-

pon
repr
pod
do
tant
al. (c
com
tos
org
mer
No
pen
etap
mer
cess

1) L
Cor
des
em
inac
Est
Car
uma
Pau
de
prop
Cad
em
de n
veri
LA
dist
Par
reat
um
um
ar, t

ponentes dos óleos lubrificantes, por populações de microrganismos representa um dos principais mecanismos pelo quais estes poluentes podem ser eliminados do ambiente. O tratamento biológico por lodos ativados por batelada (LAB) é utilizado com sucesso para tratar tanto esgotos domésticos enquanto efluentes industriais. Moura et al. (2005) estudaram o uso de reatores LAB para tratar efluentes compostos por esgoto e óleos lubrificantes, através dos experimentos realizados comprovaram que é possível degradar tanto a matéria orgânica enquanto o óleo lubrificante mediante este tipo de tratamento.

No presente trabalho propõe-se o estudo e comparação de desempenhos de dois processos para tratar o efluente oleoso gerado na etapa de lavagem dos frascos plásticos com óleo residual conjuntamente com esgoto sanitário originado na própria indústria: (i) processo biológico, LAB, e (ii) físico-químico, FAD.

MATERIAIS E MÉTODOS

1) Lodos ativados por batelada:

Com o objetivo de avaliar a influência da população microbiana no desempenho do tratamento biológico para tratar o efluente bruto em estudo, duas biomassas foram aclimatadas. Uma delas foi originada a partir de amostra coletada no sistema de retorno de lodo da Estação de Tratamento de Esgoto (ETE) Samambaia (SANASA-Campinas), e uma outra, combinando esse mesmo lodo junto com uma amostra de solo extraída de uma área usada pelo Petrobrás em Paulínia (São Paulo) para biodegradar efluentes oleosos, sistema de tratamento conhecido como “landfarming” (LF), em uma proporção volumétrica de solo/lodo na razão de 1/9.

Cada uma das biomassas previamente aclimatadas foi dividida em quantidades volumétricas iguais em dois reatores biológicos de modo a ter no total quatro unidades de tratamento que visaram verificar a biodegradabilidade do efluente bruto pelo processo LAB para duas biomassas diferentes com duas idades de lodo distintas.

Para realizar o estudo de tratabilidade foram montados quatro reatores idênticos constituídos por jarros cilíndricos de vidro com um volume útil de 6 L (Figura 1). Cada um deles foi provido de um sistema de aeração composto basicamente por uma bomba de ar, tipo aquário e difusores de pedras porosas

Figura 1. Os quatro reatores LAB em bancada.

Com a intenção de verificar a influência da idade do lodo na eficiência de remoção dos poluentes no processo de lodos ativados foram simuladas duas idades de lodo diferentes para cada uma das microbiotas: 7 dias, para reproduzir um sistema de lodos ativados convencional; e 20 dias, para um sistema de aeração prolongada.

A estratégia de operação planejada considerou ciclos de trabalho de 24 horas, com descarte de lodo no final do período de aeração em função da idade de lodo com o sistema em regime de mistura completa e a manutenção de uma fração de lodo igual a 40 % do volume útil dos reatores, o que resultou em um volume de preenchimento por batelada e por reator de 3,6 L. As condições segundo as quais foram executados os ensaios dos reatores estão apresentadas na Tabela 1:

Tabela 1. Condições operacionais dos quatro reatores biológicos.

Dados	Reator 1	Reator 2	Reator 3	Reator 4
Volume útil, mL	6000			
Fração de lodo, %	40			
Volume de enchimento, mL	3600			
Biomassa	ETE	ETE	ETE+LF	ETE+LF
Idade de lodo, dias	7	20	7	20
Período de aeração, h	22			
Período de sedimentação, h	1			
Descarte de lodo, mL	857	300	857	300
Descarte de sobrenadante, mL	2743	3300	2743	3300

2) Flotação por ar dissolvido

A simulação do processo de FAD foi feita numa unidade de flotação por ar dissolvido em escala de bancada, conhecido como floteste da marca Nova Etica (Figura 2). O mesmo é constituído, principalmente, pelos seguintes elementos: uma câmara de pressurização e recirculação com capacidade de aproximadamente 2,5 L (Figura 3); cinco jarros em acrílico transparente, onde ocorrem as etapas de coagulação, floculação e flotação, de base quadrada e dimensões 115 x 115 mm (volume útil de 2 L); e um conjunto mecânico - elétrico dotado de um motor com a capacidade de prover rotações estáveis entre 15 e 480 rpm nas paletas agitadoras dos jarros (1” x 3”).

Para a execução dos ensaios de flotação em equipamento de bancada, a metodologia adotada neste estudo esteve dividida nas seguintes etapas: 1) Testes preliminares visando a escolha do coagulante, onde foi testada a habilidade dos dois coagulantes químicos PAC Nheelfloc 1060 e PAC Panfloc TE Hiper Plus para tratar o efluente bruto variando a dosagem do coagulante em função do pH, 2) Construção do diagrama de coagulação com o coagulante selecionado na etapa 1; e 3) Caracterização do efluente clarificado

Figura 2 Equipamento de flote teste.

Figura 3. Câmara de pressurização.

RESULTADOS

1) Tratamento biológico:

Para avaliar a capacidade do sistema biológico em tratar o efluente em estudo foi feito o seguimento da concentração de Sólidos Suspensos Voláteis (SSV), Essa variável foi fundamental para apontar o momento em que o equilíbrio dinâmico entre a quantidade de alimento disponível e a capacidade de sustentação da própria biomassa era alcançada, manifestando-se pela presença de uma concentração de SSV dentro de uma faixa constante em cada um dos reatores. Nas Figuras 4 e 5 são apresentados os valores de SSV para os quatro reatores.

Figura 4. Variação da concentração de Sólidos Suspensos Voláteis (SSV) em função do tempo de operação para os reatores 1 e 2.

Figura 5. Variação da concentração de Sólidos Suspensos Voláteis (SSV) em função do tempo de operação para os reatores 3 e 4.

Uma vez atingido o equilíbrio dinâmico foi possível determinar o desempenho do sistema de lodos ativados por batelada. Os resultados obtidos para os parâmetros estudados deram como resultado os valores contidos na Tabela 2

Na tabela 2 são apresentados os resultados obtidos para as análises dos principais parâmetros em estudo para os quatro reatores confrontados com os valores do efluente bruto.

Tabela 2. Resultados das amostras tratadas por LAB e caracterização da amostra bruta.

	Ef. Bruto	Reator 1	Reator 2	Reator 3	Reator 4
Turbidez media, uT	630,83	19,3	7,8	19,1	22,7
Efic.remoção Turbidez, %		96,9	98,8	97,0	96,4
Óleos&Graxas, mg/L	207,6	43,3	30,0	18,0	23,4
Efic.remoção Óleos&Graxas, %		79,1	85,5	91,3	88,3
DQO, mg/L	1420,2	115,4	100,9	114,8	111,4
Efic.remoção DQO, %		91,9	92,9	91,9	92,2
DBO ₅ , mg/L	376,8	22,1	11,0	28,9	21,3
Efic.remoção DBO ₅ , %		94,1	97,1	92,3	94,4
Condutividade, µS/cm	400,0	423,7	427,5	416,9	422,2

A idade de lodo de operação escolhida influenciou na eficiência dos reatores biológicos. Nos dois cenários estudados, para as duas biomassas adaptadas, os sistemas operados com aeração prolongada deram em geral melhores resultados de remoção dos principais poluentes do que as unidades que trabalharam como sistemas de lodos ativados convencional.

Apesar do alto valor do índice de biodegradabilidade da amostra bruta, DQO/DBO5 equivalente a 3,8, composta pelo efluente gerado na etapa de lavagem de embalagens plásticas pós-uso de óleo lubrificante e esgoto sanitário, com uma proporção volumétrica de 75 / 25 (%) em volume total de efluente, o sistema biológico demonstrou uma capacidade de remover a DQO muito satisfatória, com valores acima do 90 % em todos os casos estudados. A remoção da parcela não biodegradável presente no efluente bruto pode ser atribuída à propriedade de adsorção física dos lodos ativados.

O emprego de biomassa que possa conter microorganismos que se encontrem especificamente adaptados para degradar determinados poluentes considerados como recalcitrantes, neste caso o óleo lubrificante, pode ajudar a melhorar a eficiência do sistema. Os reatores operados com uma biomassa preparada em parte

com amostras de terra coletadas de sistema “landfarming” usado para tratar óleos lubrificantes, resultaram em percentagens de remoção dos óleos de 91,3 e 88,3 %, superiores àqueles obtidos com uma biomassa originada unicamente com lodo de ETE (79,1 e 85,5 %).

2) Flotação por Ar Dissolvido:

A primeira etapa do estudo teve por objetivo escolher o coagulante químico que apresentasse um melhor desempenho para o tratamento do efluente bruto em estudo. A escolha do coagulante mais adequado foi realizada em função dos valores de turbidez remanescente obtidos nas amostras tratadas.

Os valores de turbidez remanescente obtidos mediante o uso do coagulante Nheel Química 1060 e o Panfloc TE Hiperplus são mostrados nas Figuras 6 e 7.

Figura 6. Turbidez remanescente (%) do efluente tratado em função da dosagem de coagulante Nheel Química 1060 e o pH inicial da amostra bruta.

Figura 7. Turbidez remanescente (%) do efluente tratado em função da dosagem de coagulante Panfloc TE Hiperplus e o pH inicial da amostra bruta.

Quando usado o coagulante químico Nheel Química 1060, o processo físico-químico, incluindo as etapas de coagulação, floculação e flotação por ar dissolvido, apresentou os melhores resultados de remoção dos poluentes e uma menor dependência para alcançar esses valores ótimos de tratamento com o pH do efluente bruto.

Uma vez escolhido o coagulante químico mais adequado para se tratar

o efluente bruto, foram realizados os ensaios para confeccionar o diagrama de coagulação (Figura 8) com os valores de DQO remanescente nas amostras “flotadas” para cada par de valores de “dosagem de coagulante x pH de coagulação”, determinando-se deste modo as regiões ótimas de trabalho.

Figura 8. Diagrama de coagulação para o efluente bruto. Valores de DQO remanescente (mg/L) em função da dosagem de Nheel Química 1060 e pH de coagulação.

O diagrama de coagulação demonstrou ser uma ferramenta de grande utilidade para definir as regiões otimizadas, isto é, os intervalos de pH e dosagem de coagulante, que permitiram obter melhores valores de remoção da DQO.

Analisando-se o diagrama de coagulação, quando utilizado o coagulante Nheel Química 1060, foi possível determinar as regiões com melhores índices de remoção da DQO, aqueles valores que resultaram em uma DQO remanescente abaixo de 200 mg/L nas amostras “flotadas”, que no presente trabalho foram para dosagens entre 60 e 105 mg/L, e numa faixa de pH de coagulação de 5,4 a 7,2. Com estes valores determinaram-se os seguintes parâmetros (Tabela 3).

Tabela 3. Resultados das amostras flotadas e caracterização da amostra bruta.

Parâmetro	Amostra Bruta	Flotação por Ar Dissolvido	
		Amostra flotada	Eficiência remoção, %
Turbidez, uT	630,8	2,8	99,6
Condutividade, $\mu\text{S}/\text{cm}$	400,0	664,4	---
DQO, mg/L	1420,2	139,0	90,2
DBO ₅ , mg/L	376,8	75,0	80,1
Óleos e Graxas, mg/L	207,6	1,0	99,5

CONCLUSÕES

Com base nos resultados obtidos no trabalho experimental aqui desenvolvido, pode se concluir que tanto o processo biológico aeróbio tipo lodos ativados por batelada, quanto o processo físico-químico composto pelas etapas de coagulação, floculação e flotação por ar dissolvido, apresentaram uma grande potencialidade de uso no tratamento de um efluente bruto, cuja matriz é correspondente ao efluente líquido procedente da etapa de lavagem de plásticos contaminados com óleo lubrificante de uma indústria de reciclagem de plásticos, na presença de esgoto sanitário.

O sistema biológico demonstrou melhor capacidade de remover a matéria orgânica biodegradável, representada pelo parâmetro DBO₅, como era de se esperar. Porém, o processo de flotação

por ar dissolvido foi superior na remoção de compostos que causam turbidez, e, sobre tudo, apresentou uma capacidade significativamente melhor para reduzir a concentração de óleos.

Considerando que no tipo de indústria em estudo a presença de resíduo oleoso nos frascos é um dos maiores problemas encontrados para reciclar este tipo de plástico (o óleo dificulta o processo de reciclagem e prejudica a qualidade dos objetos reciclados produzidos), é possível afirmar que o sistema mais adequado para tratar os efluentes gerados numa indústria de reciclagem de frascos plásticos pós-uso de óleo lubrificante, em base a sua melhor capacidade para reduzir a concentração de óleos, assim como pelas altas taxas de remoção obtidas para os outros poluentes estudados, é o processo de flotação por ar dissolvido.

BIBLIOGRAFIA

- SINDICOM. (2007). Óleo lubrificante comercializado no Brasil em 2006. Disponível em: <<http://www.sindicom.com.br>>. Acesso em: 8 Junho 2007.
- FEDERAÇÃO DAS INDÚSTRIAS DO ESTADO DE SÃO PAULO (FIESP). Reciclagem de embalagens com óleos lubrificantes. São Paulo, 2006
- MARTINS, H.M. Gerenciamento ambiental dos frascos de óleo lubrificante automotivo. Simpósio de Engenharia de Produção, XII. Novembro. Bauru-SP. 2005.
- RUBIO, J.; SOUZA, M.L.; SMITH, R.W. Overview of flotation as a wastewater treatment technique. Minerals Engineering, v. 15, p. 139–155, 2002.
- UNITED STATES ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY (USEPA). Development Document for the Proposed Effluent Limitations Guidelines and Standards for the Meat and Poultry Products Industry Point Source Category. EPA-821-B-01-007, Washington, D.C., 2002.
- MOURA, F.E., PRASAD, S., LEITE, V.D., MORAIS, C.R.S., SANTANA, K. R. Estudo da decomposição térmica da mistura de lodo e óleo lubrificante em reator aeróbio. Congresso Brasileiro de P&D em Petróleo e Gás, 3. Outubro. Salvador-BA. 2005.