

# **SÉRIE GESTÃO E PLANEJAMENTO AMBIENTAL**

**Controle da poluição hídrica gerada pelas atividades  
automotivas**

## **PRESIDÊNCIA DA REPÚBLICA**

**Luiz Inácio Lula da Silva**

**José Alencar Gomes da Silva**

Vice-Presidente

## **MINISTÉRIO DA CIÊNCIA E TECNOLOGIA**

**Sérgio Machado Rezende**

Ministro da Ciência e Tecnologia

**Luiz Antonio Rodrigues Elias**

Secretário-Executivo

**José Edil Benedito**

Subsecretário de Coordenação das Unidades de Pesquisa

## **CETEM – CENTRO DE TECNOLOGIA MINERAL**

**José Farias de Oliveira**

Diretor

**Carlos César Peiter**

Coordenador de Apoio Tecnológico à Micro e Pequena Empresa

**Arnaldo Alcover Neto**

Coordenador de Análises Minerais

**Silvia Cristina Alves França**

Coordenadora de Processos Minerais

**Cosme Antônio de Moraes Regly**

Coordenador de Administração

**Ronaldo Luiz Correa dos Santos**

Coordenador de Processos Metalúrgicos e Ambientais

**Andréa Camardella de Lima Rizzo**

Coordenadora de Planejamento, Acompanhamento e Avaliação

# **SÉRIE GESTÃO E PLANEJAMENTO AMBIENTAL**

ISSN 1808-0863

ISBN 978-85-61121-64-8

**SGPA - 12**

## **Controle da poluição hídrica gerada pelas atividades automotivas**

**Marcelo Bernardes Secron**

Engenheiro Civil-Sanitarista, M.Sc.

**Gandhi Giordano**

Engenheiro Químico, D.Sc.

**Olavo Barbosa Filho**

Engenheiro Químico, D.Sc.

**CETEM/MCT**

2010

# **SÉRIE GESTÃO E PLANEJAMENTO AMBIENTAL**

**Paulo Sérgio Moreira Soares**

Editor

**Roberto de Barros Emery Trindade**

Subeditor

## **CONSELHO EDITORIAL**

Ronaldo Luiz Correa dos Santos (CETEM), Maria Dionísia C. dos Santos (CETEM), Olavo Barbosa Filho (PUC-RJ), Afonso Rodrigues Aquino (USP).

A Série Gestão e Planejamento Ambiental tem como objetivo principal difundir trabalhos realizados no CETEM, ou em parceria com colaboradores externos, assim como trabalhos independentes considerados relevantes na área de gestão e planejamento ambiental e temas correlatos.

O conteúdo desse trabalho é de responsabilidade exclusiva do(s) autor(es).

**Thatyana Pimentel Rodrigo de Freitas**

Coordenação Editorial

**Vera Lúcia Espírito Santo Souza**

Programação Visual

**Rosely Pereira Romualdo**

Editoração Eletrônica

**Andrezza Milheiro da Silva**

Revisão

---

Secron, Marcelo Bernardes

Controle da poluição hídrica gerada pelas atividades automotivas / Marcelo Bernardes Secron, Gandhi Giordano, Olavo Barbosa Filho. \_\_\_\_ Rio de Janeiro: CETEM/MCT, 2010.

74p. (Série Gestão e Planejamento Ambiental, 12)

1. Água - poluição. 2. Poluição marinha. I. Centro de Tecnologia Mineral. II. Giordano Gandhi. III. Olavo Barbosa Filho. IV. Título. V. Série.

CDD – 363.7394

---

## SUMÁRIO

RESUMO	7
ABSTRACT	8
1   APLICAÇÃO E OBJETIVOS	9
2   INTRODUÇÃO	10
2.1   Histórico	10
2.2   Características gerais	12
3   ASPECTOS LEGAIS	46
3.1   Limites de lançamento para o óleo	48
3.2   Limites de lançamento para os surfactantes	49
3.3   Limites de lançamento para a DQO	50
3.4   Limites de lançamento para sólidos em suspensão e materiais sedimentáveis	51
3.5   Limites de lançamento para o pH	52
4   METODOLOGIA EMPREGADA	54
5   ATIVIDADES E ETAPAS DE CAMPO DESENVOLVIDAS	55
6   RESULTADOS E DISCUSSÃO	56
7   CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES	63
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	67



## **RESUMO**

O presente estudo avaliou treze diferentes atividades automotivas na região metropolitana do Rio de Janeiro através de um protocolo de monitoramento proposto, envolvendo os parâmetros: Surfactantes, DQO, óleos e graxas, RNFT, material sedimentável e pH, constatando que não são apenas os sólidos, os óleos e graxas que são gerados no efluente líquido das atividades automotivas. Os inúmeros produtos de limpeza, solventes e combustíveis empregados, aplicados em lavagem de veículos e limpeza de peças, denominados produtos coadjuvantes, não são tratados pelo(s) Separador (es) Água e Óleo (SAO). Estes possuem características de emulsificação do óleo presente no efluente automotivo, reduzindo a eficiência de retenção nos SAO, além de possuir um potencial poluidor em função da presença de carga orgânica e compostos refratários.

### **Palavras-chave**

Separadores água e óleo, efluentes automotivos, produtos coadjuvantes, emulsificação do óleo, atividades automotivas

## **ABSTRACT**

This study assessed thirteen different automotive activities in Rio de Janeiro metropolitan area, using a monitoring protocol, involving the following parameters: MBAS, COD, oils and greases, suspended solids, settable solids and pH. This demonstrated that solids and oils and greases were not the only pollutants generated in wastewater from automotive activities. Various types of cleansing products, solvents and fuels employed in these activities, considered accessory products, cannot be treated by a simple OWS, and are able to emulsify the oil present in wastewater from automotive activities, reducing the efficiency of the OWS. They also have pollution potential due to the presence of organic matter and non-biodegradable compounds.

### **Key-Words**

Oil-water separators, automotive effluents, accessory products, oil emulsification, automotive activities.



## 1 | APLICAÇÃO E OBJETIVOS

As atividades automotivas encerram os estabelecimentos dos setores de comércio e prestação de serviço que lidam com veículos automotivos de uma forma geral, sejam estes de características leves, como motos, carros de passeio e vans, ou de características pesadas, como caminhonetes, ônibus e caminhões. Nestas atividades são realizadas operações de manutenção, reparo de peças, lavagem, lubrificação, troca de fluidos, abastecimento e estacionamento, através das quais são gerados efluentes líquidos provenientes das operações supracitadas.

Este estudo tem como objetivo a avaliação de sistemas separadores água e óleo, utilizados em atividades automotivas, visando à consolidação de dados e procedimentos para auxiliar os estabelecimentos do ramo automotivo, os órgãos de meio ambiente, corporativos e normativos nos processos de normalização, avaliação, controle, gestão e licenciamento ambiental, no tocante aos aspectos de poluição hídrica, acarretados pelos efluentes líquidos produzidos nas atividades automotivas.

## 2 | INTRODUÇÃO

### 2.1 | Histórico

A poluição, no sentido mais amplo, pode ser entendida como qualquer modificação de características de um ambiente de modo a torná-lo impróprio às formas de vida que ele normalmente abriga (BRANCO, 1972). A partir dos anos 50, quando a sociedade alcançou grandes progressos no campo industrial, apareceu o problema da poluição. O mundo percebeu que precisava de uma salvaguarda para o meio ambiente, interagindo nas atividades produtivas de maneira a controlar a poluição gerada (MARTINI JÚNIOR e GUSMÃO, 2003).

Para gerenciar essa situação, começaram a surgir, primeiramente nos países industrializados, legislações e órgãos governamentais que passaram a cuidar de assuntos relacionados ao meio ambiente, e, dentro dessas ações, a regulamentação de padrões ambientais para as atividades industriais e de serviços em geral.

No Brasil, o grande marco da inserção das questões ambientais ocorreu em 1981, com a entrada em vigor da Lei 6.938, que instituiu a política nacional de meio ambiente. No escopo dessa lei, foi criado o SISNAMA (Sistema Nacional de Meio Ambiente), que estabeleceu a hierarquia e a função dos órgãos ambientais no país. Dentre esses órgãos, destaca-se, por exemplo, o CONAMA (Conselho Nacional de Meio Ambiente) e o IBAMA (Instituto Brasileiro de Meio Ambiente).

Durante cinco anos na atuação como engenheiro sanitário da SEMAPE (Secretaria Municipal de Meio Ambiente e Projetos Especiais do Município de Duque de Caxias-RJ), órgão este

classificado dentro da esfera do SISNAMA como órgão local, acompanhamos a fiscalização de dezenas de atividades automotivas, tais como: oficinas mecânicas, empresas de ônibus, transportadoras de carga, postos de gasolina, lava-jatos, concessionárias e demais empresas que lidam com óleos lubrificantes e combustíveis.

Em todas estas atividades, várias unidades separadoras água e óleo foram vistoriadas, dispositivo este de controle de poluição largamente utilizado nesses estabelecimentos. De um modo geral, constatou-se que as atividades automotivas não destinavam apenas os poluentes oleosos para os separadores água e óleo, mas também para outros poluentes presentes nas águas residuárias provenientes das operações de lavagem de carroceria, motor, piso, limpeza de peças e outros similares.

Essas águas residuárias, por possuírem, além do óleo, os sólidos, detergentes, desengraxantes, desengordurantes, solventes, combustíveis e afins (após passarem pelos respectivos sistemas separadores água e óleo instalados nas atividades automotivas), em muitos casos, não apresentavam, por intermédio de inspeções visuais, um aspecto satisfatório de tratamento que pudesse ser creditado apenas aos sistemas separadores água e óleo um tratamento eficiente para o efluente gerado nas atividades automotivas. A suspeita era nítida em relação à presença de uma carga poluidora significativa no efluente, que foi verificada, ainda nesta época, por solicitação de algumas análises às empresas fiscalizadas, no preenchimento do CMAP (Cadastro Municipal de Atividades Potencialmente Poluidoras da SEMAPE).

Os órgãos ambientais, de uma forma geral, apesar de possuírem a suspeita em relação à não conformidade dos efluentes

gerados nas atividades automotivas, tomam como “satisfatória” a atual condição de avaliação do efluente automotivo nos separadores água e óleo, não indo muito a fundo na questão, do ponto de vista de exigência, seja na fase de licenciamento, ou na própria fiscalização, quando geralmente o sistema é monitorado e licenciado apenas para o parâmetro óleos e graxas.

Essa situação incentivou a elaboração deste estudo, tomando como referência a constante necessidade de controle da poluição para a manutenção da qualidade de vida e do meio ambiente, haja vista que a poluição das atividades automotivas torna-se significativa quando consideramos o número de empresas atuando neste setor no país e o baixo percentual de redes de coleta com tratamento de esgotos municipais. Segundo o SNIS (Serviço Nacional de Informações sobre o Saneamento), em 2004, o percentual de tratamento de esgotos municipais no Brasil cobria apenas 31,3% dos municípios.

## **2.2 | Características gerais**

As atividades automotivas no Brasil existem em grande número, conforme apresentado na Tabela 1, despertando assim uma atenção especial, haja vista que são atividades potencialmente poluidoras, principalmente no que compete à utilização de água, e, por conseguinte, à geração de efluentes (SEMAPE, 2004).

De uma forma indireta, grandes empresas, autarquias e órgãos públicos que possuem estrutura própria para manutenção, reparo e conservação de sua frota veicular, apesar de não serem atividades automotivas na sua concepção, podem ser vistas e encaradas como tal, em virtude da presença de operações semelhantes.

Os efluentes líquidos gerados pelas atividades automotivas constituem o principal foco de atenção do presente estudo. Estes ocorrem através das operações de manutenção, reparo, lavagem, lubrificação, trocas de fluidos, abastecimento e estacionamento de veículos.

**Tabela 1.** Estabelecimentos conforme categorias de atividades automotivas no Brasil.

TIPO DE ATIVIDADE	Nº DE ESTABELECIMENTOS
Recondicionamento ou recuperação de motores para veículos automotores (oficinas mecânicas ou autorizadas específicas)	2.217
Comércio a varejo e atacado de veículos automotores (concessionárias, lojas e demais pontos de vendas de veículos: carros, motos, caminhões)	23.455
Manutenção e reparação de veículos automotores (oficinas mecânicas)	78.777
Comércio, manutenção e reparação de motocicletas, partes, peças e acessórios (oficinas mecânicas ou autorizadas específicas)	15.360
Comércio a varejo de combustíveis (postos de abastecimento em perímetro urbano ou em rodovias estaduais e federais)	36.705
Transporte terrestre (transporte de cargas ou passageiros, seja este municipal, estadual ou internacional)	122.130

Fonte: Cadastro Central de Empresas. IBGE, 2002

Os efluentes também podem ser gerados através do carreamento dos poluentes, através da água da chuva, principalmente em áreas abertas de estacionamento, ou até mesmo da lavagem de pisos em áreas cobertas.

Os principais poluentes envolvidos nas operações realizadas nas atividades automotivas são os óleos e graxas, produtos

coadjuvantes e as partículas e sólidos. O dispositivo empregado em larga escala para o tratamento do efluente automotivo é o SAO.

### 2.2.1 | Óleos e graxas

A tipologia do efluente oleoso encontrado nas atividades automotivas pode ser basicamente mineral, sintética, vegetal, e animal, sendo que o uso preponderante ocorre na base mineral.

Os óleos minerais e sintéticos utilizados nos estabelecimentos automotivos compreendem, na sua grande maioria, os óleos lubrificantes, utilizados para lubrificação de motores de combustão de veículos leves e pesados, no sentido de reduzir o atrito e o desgaste de engrenagens e peças; os óleos utilizados para o acabamento de lavagem veicular, como por exemplo, o silicone; e por último os óleos combustíveis, utilizados como combustível para veículos pesados, como por exemplo, o diesel. Os óleos lubrificantes e combustíveis também podem ser empregados para limpeza de peças, atuando como solventes na dissolução do resíduo oleoso impregnado nas superfícies das peças e veículos.

Outro tipo de óleo lubrificante encontrado é o óleo lubrificante usado (mineral ou sintético), denominado óleo inservível. Este possui esta denominação em função do seu desgaste natural, por sua utilização em motores de combustão que tenha tornado-o inadequado à sua finalidade original. Os óleos inservíveis são aplicados nas operações de lavagem e limpeza de peças para dissolução do óleo e sujidades impregnadas.

Os óleos vegetais, assim como os óleos animais, também podem fazer parte de composições em óleos lubrificantes e combustíveis, como o caso do óleo de rícino (mamona), amêndoas

e sementes em geral, empregados na fabricação de lubrificantes, e biodiesel (PARENTE, 2003). Estes óleos também ocorrem nas operações de lavagem e polimento de motores e carroceria, exemplificado pelo óleo de rícino.

As graxas são utilizadas para lubrificação de peças em serviços de manutenção de veículos. Compreendem compostos semi-sólidos, constituídos por uma mistura de óleo mineral ou sintética, aditivos e agentes engrossadores, chamados sabões metálicos, à base de alumínio, cálcio, lítio e bário (RUNGE, 1994).

### 2.2.2 | Produtos coadjuvantes

O termo produtos coadjuvantes compreende a gama de produtos não oleosos utilizados nas atividades automotivas, que contribuem, assim como os óleos e graxas, na formação e composição do efluente final gerado pelos estabelecimentos inseridos neste ramo. Dentre estes produtos, destacam-se os sabões, detergentes sintéticos e solventes com poderes desengordurantes, desengraxantes, solubilizantes, emulsificantes e polimento, além de combustíveis, corantes, essências e aditivos em geral, utilizados nas operações automotivas. Os coadjuvantes possuem em sua constituição compostos orgânicos e refratários, conforme apresentado na Tabela 2. Em muitos casos, por questões comerciais, não se consegue identificar o conteúdo do produto, a não ser por seu nome comercial. Este fato é bastante comum para os produtos de limpeza de veículos encontrados no mercado.

Tabela 2. Produtos coadjuvantes típicos encontrados no mercado.

TPO	PRODUTO	FABRICANTE	COMPOSIÇÃO	COR	pH	DILUIÇÃO
Detergente líquido ácido para limpeza de óxidos e alumínio	ALBURITE P	DAVIS PRODUTOS SINTÉTICOS E SERVIÇOS LTDA.	Ácidos inorgânicos, inibidores especiais, tensoativos e agentes quelantes	Ircolor	-	1:5
Desengraxante alcalino em pó	SOLUCLIN 30	DAVIS PRODUTOS SINTÉTICOS E SERVIÇOS LTDA.	Sais alcalinos, surfactantes e sequestrantes	Branco	13	1:20
Detergente semipastoso para limpeza de carroceria e chassis	ORQJIMOL	JOHNSON DIVERSEY	Dodecil-benzenossulfato de sódio, alcalinizante, coadjuvante, corante, espessante, perfume, preservante, sequestrante, tensoativo não iônico e água	Amarelo	-	1:40
Querosene - solvente utilizado para limpeza de peças	QUEROSENE 0,5 L	LIMPLUS IND. E COM. DE PRODUTOS DE LIMPEZA LTDA.	Hidrocarbonatos alifáticos, naftênicos e aromáticos	Ircolor	-	Sem diluição
Produto em pó utilizado para limpezas pesadas	Metassulfato de sódio (SOLUPAN)	PHCSIL	Na <sub>2</sub> O, SiO <sub>2</sub> e carbonatos. Peso 25g	branco	-	Entorno de 2,5kg por lavagem de piso (área 192m <sup>2</sup> )



### 2.2.3 | Partículas e sólidos

Os sólidos e partículas presentes nos efluentes automotivos são compostos por substâncias dissolvidas e em suspensão, de composição orgânica e ou inorgânica (GIORDANO, 2004). No que tange às atividades automotivas, esses sólidos podem ser classificados como sílicas, argilas, fuligem, poeiras em suspensão, metais, fragmentos, e outros que possam permanecer agregados à superfície veicular, seja na carroceria, chassi, rodas ou pisos (SEMAPE, 2004).

### 2.2.4 | Sistemas separadores água e óleo

#### **A mistura água-óleo**

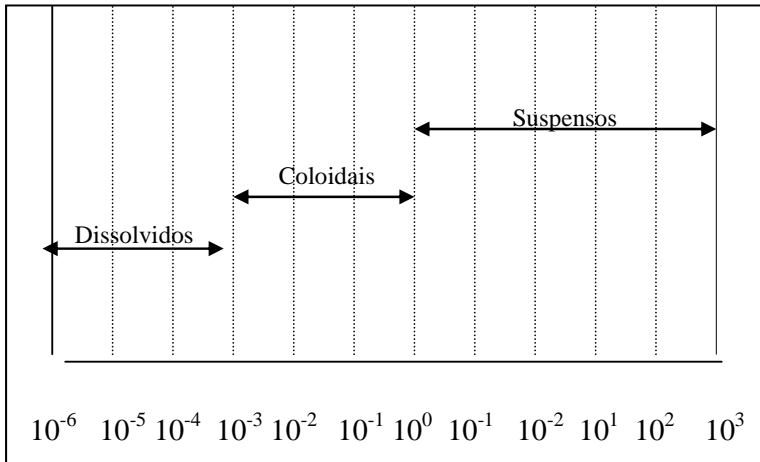
As misturas consistem em combinações de duas ou mais substâncias na sua forma pura, sem que haja reação química entre elas. As características intrínsecas de cada substância envolvida são mantidas, não havendo alterações. Estas podem ser classificadas em homogêneas, heterogêneas e coloidais (BROWN, 1997).

As homogêneas, ou soluções, consistem em um sistema monofásico, onde não é possível distinguir a mistura das partes envolvidas. O dispersante é chamado de solvente e o disperso, de soluto. Por efeito de solvatação, as partículas dispersas são invisíveis e não se precipitam. As heterogêneas, ou suspensões, são sistemas polifásicos, duas ou mais fases, onde é possível distinguir as porções misturadas. As misturas água e óleo figuram entre as misturas heterogêneas, e assim, podem-se distinguir as substâncias envolvidas (BROWN, 1997).

A dispersão coloidal é um caso a parte, pois consiste em uma categoria intermediária entre as misturas homogêneas e hete-

rogêneas. As partículas do disperso podem ser gasosas, líquidas ou sólidas. Quanto ao seu tamanho, são maiores que as partículas de soluto, em uma solução, mas em contrapartida, não são suficientemente grandes para serem separadas pela ação da gravidade, como no caso das suspensões. A classificação de uma dispersão coloidal é dada pelo estado físico de seus componentes, classificando-se em: emulsão, nevoeiro, fumaça, sol e gel (BROWN, 1997). A Figura 1 apresenta a distribuição dos sólidos em função do tamanho.

No caso das misturas água e óleo, as emulsões ocorrem frequentemente, sendo assim consideradas um fenômeno importante. Este tipo de formação coloidal consiste na dispersão de gotas de um líquido em um outro líquido (ARIZONA DEPARTMENT, 1996).



Fonte: Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgoto. Sperling, M.V., 1996.

**Figura 1.** Classificação e distribuição dos sólidos em função do tamanho.

As misturas água-óleo presentes nos efluentes oleosos se classificam em cinco formas:

a) óleo livre – Consiste em gotículas de óleo com diâmetro igual ou superior a 20 micrômetros. Estas gotículas possuem pouca ou nenhuma água associada e, dessa forma, flutuam na superfície devido a seu peso específico ser inferior ao da água. Este estado pode ser facilmente separado por um método de separação gravitacional (SAWAMURA, 1999).

b) óleo fisicamente emulsionado - Consiste na emulsão formada por gotículas de óleo com diâmetro variando entre 5 a 20 micrômetros. Nesse caso, o óleo disperso na água se encontra sob uma forma estável. As emulsões mecânicas são formadas por ações de agitação causadas por bombeamento, operações de abertura e fechamento de válvula ou outras restrições ao fluxo. Também podem ser formadas por incidência direta de chuvas ou jateamento de água diretamente na câmara de separação do SAO. Estas emulsões instáveis podem ser quebradas, mecanica ou quimicamente e, então, separadas da fase oleosa. Entretanto, as emulsões estáveis requerem um tratamento mais sofisticado para atender à legislação ambiental vigente (SAWAMURA, 1999).

c) óleo quimicamente emulsificado – São emulsões formadas por gotículas de óleo com diâmetros inferiores a 5 micrômetros. Normalmente, são formadas através do uso de detergentes, desengraxantes, solventes e produtos afins (ARIZONA DEPARTMENT, 1996).

d) óleo dissolvido - São as gotículas de óleo com diâmetros inferiores a 0,01 micrômetro, que solubilizam-se na água (ARIZONA DEPARTMENT, 1996).

e) óleo adsorvido em partículas sólidas – Consiste no óleo que adere ao material particulado e sedimenta devido à ação da força gravitacional. Nos sistemas separadores água e óleo, este tipo de óleo é removido como borra oleosa (ARIZONA DEPARTMENT, 1996).

Outra consideração importante a ser feita para a mistura água e óleo consiste na polaridade das duas substâncias envolvidas. A água é uma substância polar e o óleo é uma substância apolar (BROWN, 1997).

A molécula é dita polar quando o centro das cargas positivas e negativas não coincide, fato que ocorre com a água e não com o óleo. Uma decorrência desta propriedade está na solubilidade das substâncias. As substâncias polares solubilizam-se, na grande maioria dos casos, em substâncias polares e o mesmo caso vale para as substâncias apolares. Assim sendo, o óleo também pode ser caracterizado como uma substância hidrofóbica (BROWN, 1997).

Devido a esta propriedade, a água e o óleo não são solúveis entre si, ocorrendo apenas em uma pequena fração, conforme discutido na apresentação das cinco categorias de mistura abordadas neste tópico. O resultado claro é a separação de fases observada entre as duas substâncias citadas (BROWN, 1997), cujo fenômeno deu origem à concepção de dispositivos físicos de tratamento de águas oleosas, denominados separadores água e óleo.

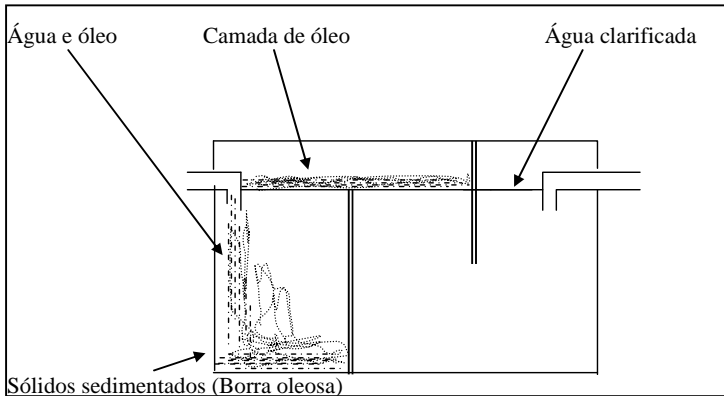
### **Características gerais e tipologias dos separadores água e óleo**

O separador água e óleo é um tipo de equipamento aplicável para a remoção de óleo em estado livre. O princípio de funcio-

namento é baseado na separação da fase oleosa e aquosa em virtude da diferença de densidade existente entre elas (ARIZONA DEPARTMENT, 1996).

A utilização do SAO ocorre em estabelecimentos industriais ou comerciais que apresentam efluentes com características oleosas. Neste caso, enquadram-se, por exemplo, as refinarias de petróleo e as atividades automotivas. O SAO também pode ser utilizado no tratamento preliminar de uma estação de tratamento de efluentes, ou esgotos (ETE), no intuito de minimizar os impactos do óleo nas etapas seguintes, como por exemplo, no tratamento biológico (GIORDANO, 2004).

O equipamento, conforme Figura 2, consiste basicamente em uma câmara de sedimentação, onde é retida a borra oleosa (devendo ser precedido de uma caixa de areia), seguida de uma ou mais câmaras providas de dispositivos de regulação de fluxo, no intuito de manter o escoamento em condições de controle, além de dispositivos para coletar o óleo retido. O efluente oleoso escoar através das câmaras, onde ocorre a separação e a remoção do óleo livre e de possíveis sólidos sedimentáveis da fase líquida. As gotículas de óleo coalescem, formando gotículas maiores que ascendem até a superfície, enquanto os sólidos em conjunto com o óleo adsorvido sedimentam e se depositam no fundo. Os sólidos sedimentados (borra oleosa) e a camada de óleo (óleo livre) são removidos no processo de limpeza do sistema (FEEMA/COPPETEC, 2003).



Fonte: Programa de capacitação técnica e gerencial de órgãos ambientais. FEEMA/COPPETEC, 2003.

**Figura 2.** Esboço das separações de fase ocorridas em um SAO.

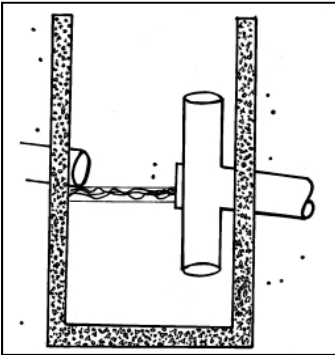
Os SAO são construídos normalmente em concreto, polipropileno, polietileno, aço-carbono e fibra de vidro, e podem assumir formas prismáticas e cilíndricas.

A concepção básica de um separador água e óleo é um tanque simples que reduz a velocidade do efluente oleoso, de forma a permitir que a gravidade separe o óleo da água. A lei de Stokes evidencia a taxa de separação. Como o óleo tem uma densidade menor que a da água, ele flutua naturalmente, para então se separar fisicamente (FEEMA/COPPETEC, 2003).

Esta separação deve ocorrer em um regime hidráulico não turbulento para não acarretar o arraste do óleo ou destruição das emulsões coalescidas (FEEMA/COPPETEC, 2003).

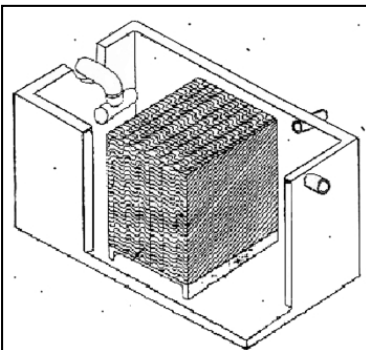
As Figuras 3 e 4 apresentam os tipos básicos de separadores água e óleos encontrados nas atividades automotivas, que são:

1. Separador convencional (ex: modelo FEEMA) ou spill control;
2. Separador de placas coalescentes ou coalescing plate (CP).



Fonte: *Mississippi State University. Training for construction site erosion control and storm water facility inspection, 1993.*

**Figura 3.** Separador convencional.



Fonte: *Mississippi State University. Training for construction site erosion control and storm water facility inspection, 1993.*

**Figura 4.** Separador de placas coalescentes.

Nas atividades automotivas em operação no país, a utilização dos separadores convencionais, em unidades feitas em concreto, ocorre com muito mais frequência em relação ao sistema de placas coalescentes e outros materiais empregados. Em muitos casos, esses separadores são projetados e construídos sem critérios técnicos adequados, de forma empírica, com utilização de mão de obra não qualificada (FEEMA/COPPETEC, 2003).

A principal diferença do separador de placas coalescentes em relação ao convencional é a presença da placa coalescente. Esta técnica utiliza um meio coalescente oleofílico, isto é, facilidade em reter o óleo ou aderir a ele. Alguns exemplos destes materiais são o TEFLON e o polipropileno. As gotas de óleo aderem à superfície oleofílica e podem grupar-se, formando uma gota de maior diâmetro, saindo do meio aquoso mais facilmente (FEEMA/COPPETEC, 2003). Geralmente o meio coalescente é colocado inclinado, aumentando o tempo de subida e, portanto, permitindo que mais gotas se juntem formando uma gota muito maior. Em contrapartida, os sólidos também sedimentam com maior facilidade, pois, quando se aumenta o tempo de retenção, estes se separam da água nas placas.

Outra diferença importante entre o separador de placas coalescentes e o separador convencional é que o separador de placas coalescentes, por ser um sistema pré-fabricado, possui um controle tecnológico que não é empregado aos separadores convencionais. Os separadores de placas coalescentes, normalmente, são submetidos a testes envolvendo um fluxo de água e óleo, conforme metodologia ASTM, em condições de laboratório, e nestes testes, os limites de lançamento para óleos e graxas, estabelecido pela legislação vigente, são garantidos pelo controle de qualidade. Esse parâmetro, geral-



mente, é o único parâmetro solicitado pelos órgãos fiscalizadores para o monitoramento de um SAO em atividades automotivas (ZEPPINI, 2004).

### **Interferência dos produtos coadjuvantes e dos processos de manutenção nos sistemas separadores água e óleo automotivos**

Conforme discutido anteriormente, as atividades automotivas não destinam apenas os efluentes oleosos para os separadores de óleo, mas também as águas de lavagem de carroceria, lavagem de motor, lavagem de piso, limpeza de peças e outros similares. A interferência dos produtos coadjuvantes fica nítida em virtude do aspecto opaco observado no efluente dos SAO das atividades automotivas

Essas águas possuem detergentes, desengraxantes, desengordurantes, solventes diversos e combustíveis, denominados produtos coadjuvantes, apresentados no tópico 2.2.2. Os produtos coadjuvantes, além de serem destinados à rede pública e ao meio ambiente sem a devida tratabilidade, através da sua carga poluidora própria, em função da presença de compostos refratários e orgânicos, exemplificados na Tabela 2, ajudam a emulsionar e a dissolver o óleo contido no efluente automotivo, contribuindo para a formação de uma maior parcela de emulsões estáveis. As emulsões estáveis não são retidas pelos SAO (USEPA, 1999 e PAXÉUS, 1996), assim como os produtos coadjuvantes.

Este efeito ocorre principalmente na presença de agentes tensoativos, surfactantes ou espumantes que têm a propriedade de diminuir a tensão superficial dos líquidos, sendo utilizados para emulsionar substâncias hidrófobas como óleo, gorduras e petróleo (SAWYER, 1994). A energia do jateamento de água

em conjunto com a escovação, amplificam esse efeito, conforme observação de campo.

A estrutura de uma molécula de um surfactante consiste em duas regiões distintas. Uma região, representada por sua “cabeça”, corresponde à fração hidrofílica, de natureza polar ou iônica, com característica de solubilidade em água. A outra região, representada por sua “cauda”, corresponde à porção hidrofóbica, de natureza apolar, a qual não apresenta solubilidade em água (UFSC, 2004). As emulsões assim formadas pelos detergentes e solventes contribuem para a não retenção do óleo nos SAO.

Os solventes aromáticos, largamente aplicados nas atividades automotivas, são hidrofóbicos, mas apresentam afinidades moleculares com os óleos e graxas (apolares), por isso são utilizados para limpeza de peças ou chassis para sua dissolução. Estes permanecem com baixa solubilidade nas águas residuárias, permanecendo imiscíveis, sendo transportados pelo efluente, acarretando maior carga de trabalho para os SAO, podendo inclusive não haver uma retenção eficiente (sobrecarga de projeto, por exemplo, como o óleo diesel).

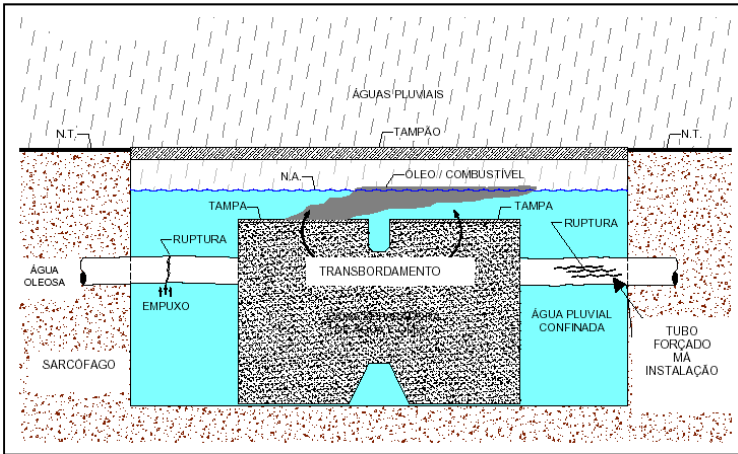
A manutenção nos SAO é fundamental para o seu funcionamento correto, tanto para os separadores convencionais quanto para os separadores de placas coalescentes.

O acúmulo de óleo livre, borras oleosas e sólidos depositados, por efeito de arraste e turbulências, pode gerar problemas nos efluentes, principalmente pela presença de óleos e sólidos em suspensão, conforme observado neste estudo. Inclusive, a prática incorreta de muitos operadores de jatos d’água direcionando o fluxo para os SAO faz com que esse problema ocorra com mais frequência.

Da mesma forma, o acúmulo de óleo em presença de detergentes e solventes no efluente automotivo também pode acarretar na formação de emulsões que irão gerar a presença de óleos no efluente dos SAO, apesar de que, conforme observado no estudo, o efeito da emulsão na lavagem, com o emprego de jateamento e escovação (fricção) seja mais significativo.

Outro problema enfrentado pelos SAOs refere-se à instalação, nesse caso mais especificamente às instalações de sistemas coalescentes. Existem casos em que o sarcófago (caixa onde o separador é colocado) é pequeno ou grande em demasia. Isso pode acarretar em danos físicos ao separador, ou simplesmente quando o volume do sarcófago é maior que o do separador, em problemas de rompimento de tubulação por empuxo, devido à penetração de água da chuva no sarcófago, ou contaminação das águas servidas no interior do mesmo, por transbordamento, pode ocorrer, e assim drenar para a rede pública. A Figura 5 apresenta um diagrama esquemático de problemas encontrados em instalações desse tipo de separador água e óleo.

Dessa forma, o correto emprego das técnicas de manutenção e construção dos SAO, apesar da presença dos produtos coadjuvantes e óleos emulsionados, nos quais este dispositivo não foi feito para tratá-los, previne a redução do problema da formação de óleos e sólidos em suspensão em excesso no efluente final que sai dos SAO. O emprego de pessoal qualificado é fundamental, fato que nem sempre é observado na prática.



**Figura 5.** Problemas típicos encontrados em um SAO de placas coalescentes.

### 2.2.5 | Os Impactos ambientais de óleos, produtos coadjuvantes e sólidos

O lançamento das águas residuárias oleosas nos corpos hídricos receptores causa danos estéticos e à vida aquática, porque forma-se uma película oleosa sobre a superfície d'água, dificultando a reaeração, o que causa asfixia por entupimento das vias respiratórias dos peixes e dificulta a utilização de oxigênio pelos mesmos (SAWAMURA, 1999).

Nos vegetais presentes em áreas circundantes aos corpos hídricos (mata ciliar, manguezal, plantas aquáticas em geral), os óleos podem aderir aos estômatos, folhas e raízes, interferindo nos processos metabólicos e na fotossíntese. A película de óleo formada na superfície dificulta não só a troca gasosa entre a atmosfera e o corpo hídrico, mas também dificulta a entrada de luz solar, interferindo na realização da fotossíntese

pelo plâncton. Este também pode ter a sua membrana celular colmatada pelas frações dissolvidas e emulsionadas, alterando os padrões de fotossíntese e processos metabólicos (ITOPFL, 2004).

As frações mais pesadas de óleo podem se depositar no fundo dos corpos hídricos e se inserir nos sedimentos, persistindo ali por muito tempo. Os organismos bentônicos incorporam o óleo por mecanismos de bioacumulação, acarretando efeitos toxicológicos e metabólicos. Para verificar essa condição, estudos têm sido feitos em invertebrados bentônicos (ITOPFL, 2004).

As aves, os mamíferos e outros animais vertebrados ou não, que dependem do ambiente aquático para sobrevivência, podem apresentar contaminação de óleo. É muito comum observar colmatação do corpo em grandes acidentes envolvendo óleo. Alterações metabólicas, efeitos toxicológicos e até a morte de indivíduos são observados (ITOPFL, 2004).

O runoff urbano (para o qual as atividades automotivas contribuem) e as instalações petrolíferas constituem umas das maiores fontes de poluição por óleo nos corpos hídricos fluviais e marinhos. Devido a este fato, através do deságue dos rios e correntes marinhas, os ecossistemas estuarinos compreendem um dos ambientes mais afetados pelo óleo de uma maneira geral (PEREIRA e SOARES, 2002).

Os ecossistemas estuarinos possuem a maior produtividade primária bruta do planeta, aproximadamente entre 10 a 25 g/m<sup>2</sup> dia de matéria orgânica em base seca (ODUM, 1971). Assim sendo, em virtude da sensibilidade e importância dos estuários, a poluição oleosa pode influir na alteração do fluxo de energia e matéria na ecosfera.

Vários estudos sinecológicos têm sido feitos em comunidades marinhas reconstituídas artificialmente em laboratório, decorrentes dos grandes acidentes mais recentes, com a finalidade de desvendar efeitos ecotoxicológicos do petróleo. Muito embora os casos de poluição por petróleo no mar causados por grandes navios petroleiros tenham sempre despertado uma maior atenção da mídia, este tipo de contribuição representa apenas uma pequena parcela da quantidade de petróleo introduzida nos oceanos. Na realidade, as operações rotineiras de transporte e os efluentes urbanos são as maiores fontes de petróleo para o ambiente marinho. Particularmente, no Brasil, o alto grau de desenvolvimento alcançado na exploração offshore levou à implantação de uma rede de terminais marítimos para transporte e distribuição do produto ao longo de várias áreas da costa, aumentando a quantidade de derrames e, conseqüentemente, a possibilidade de impacto nas comunidades marinhas (PEREIRA e SOARES, 2002).

Nesse aspecto, as atividades automotivas contribuem para o somatório da influência da parcela dos efluentes urbanos. Assim sendo, é fundamental a implantação de sistemas de tratamento para efluentes oleosos eficientes nesses estabelecimentos, no intuito de reduzir os impactos ambientais dos efluentes urbanos.

No que compete à interação dos produtos coadjuvantes no ambiente aquático, tomando como referência os seus principais constituintes, que são os detergentes e solventes, é importante salientar quatro características fundamentais:

- efeito da tensão superficial;
- a eutrofização;

- a biodegradação dos detergentes;
- a alteração do pH natural do corpo receptor.

Os líquidos têm a tendência de adotar uma forma que faça com que a sua área de superfície seja minimizada, no intuito de manter o maior número possível de moléculas semelhantes no seu entorno. Isto ocorre porque as moléculas no interior do líquido são em média atraídas na mesma intensidade em todas as direções, de modo que as que estão na superfície, por não apresentarem moléculas do líquido acima, apenas o ar atmosférico, sofrem uma atração de maior intensidade para o centro da massa líquida (BROWN, 1997).

Considerando essa condição, a forma esférica possui a menor relação superfície por volume e, assim sendo, esta é a forma que é adotada pelos líquidos em sua configuração. Para alterar a superfície de um líquido qualquer, é necessário realizar um trabalho. A razão entre o trabalho realizado e a área de deslocamento na porção superficial do líquido é chamada de tensão superficial. O efeito de casca ou película, observado na superfície de um líquido, é produto da tensão superficial. Este efeito é resultado do desbalanceamento de forças intermoleculares do líquido (BROWN, 1997). Do ponto de vista ambiental, nas águas naturais, a tensão superficial é importante como meio suporte para a vida e para reprodução de muitos organismos, como, por exemplo, o fitoplâncton, que realiza fotossíntese, e muitas espécies de insetos (BRAGA, 2002).

Quando um surfactante é adicionado à água, o grupamento hidrofóbico entra em repulsão com o líquido, de modo que este se encarrega de se rearranjar, na tentativa de minimizar este efeito. Assim, os grupos polares, hidrofílicos, permanecem em solução aquosa, bem próximos à superfície, e os grupamentos

apolares, hidrofóbicos, ficam na interface água-ar, minimizando o contato com a água. Este fato gera uma diminuição na tensão superficial do líquido, em virtude do rearranjo de sua superfície (UFSC, 2004).

O lançamento indiscriminado de efluentes contendo surfactantes nas águas naturais acarreta danos ao meio ambiente. A diminuição da tensão superficial inviabiliza a sustentação na água de uma série de seres vivos. Insetos que utilizam esta propriedade para locomoção e reprodução, além de aves e outros animais, sofrem com este problema. Muitos peixes também se alimentam de insetos que utilizam a tensão superficial, e assim, ficam sem alimento adequado (BRAGA, 2002).

Outro exemplo é o plâncton, que é constituído por uma comunidade de indivíduos que apresentam baixo poder de locomoção e, normalmente, densidades maiores que a da água, apresentando tendência a afundarem. Assim, muitas espécies se utilizam desta propriedade, além de outras como a viscosidade e movimentos turbulentos, para estabelecerem-se próximos à superfície. A permanência na superfície é fundamental, pois trata-se de uma zona abundante em incidência solar, primordial para a realização da fotossíntese e obtenção de alimento (BRAGA, 2002).

Os surfactantes também podem alterar quimicamente a estrutura das membranas de microorganismos, como as bactérias, por exemplo, interferindo no seu metabolismo, inclusive em processos de biodegradação. As trocas gasosas realizadas entre a superfície da massa líquida e a atmosfera também podem sofrer alterações. A redução da tensão superficial pode acarretar a perda de oxigênio dissolvido no corpo hídrico (BRAGA, 2002).



Nos ambientes aquáticos, principalmente em ambientes lacustres, o nitrogênio junto com o fósforo, presentes nos detergentes, são os fertilizantes no tocante ao crescimento de algas. O excesso de fertilização, devido à presença destes nutrientes, causa um fenômeno chamado de eutrofização (BRAGA, 2002).

Durante o fenômeno da eutrofização o fitoplâncton (principalmente algas e cianobactérias, também categorizadas como bacterioplâncton), e os vegetais aquáticos se proliferam sob a ação da energia solar, produzindo biomassa em quantidades acima do normal, devido à presença de nutrientes e energia em abundância. O aumento dessa produção primária também provoca, num primeiro momento, um aumento da população dos consumidores devido à disponibilidade de alimento, como o zooplâncton, por exemplo. Este efeito espalha-se para a cadeia alimentar. Na ausência de luz solar, onde não há fotossíntese, por conseguinte, produção de oxigênio, as atividades de respiração celular de bactérias (ou bacterioplâncton), plâncton, vegetais e do próprio nécton consomem oxigênio dissolvido (OD). Em virtude do crescimento de biomassa mencionado, cria-se uma demanda maior por OD, e como não há suprimento suficiente, ocorre a morte destes indivíduos (BRAGA, 2002).

O efeito se potencializa quando as bactérias aeróbias presentes na água oxidam a matéria orgânica morta, resultando em mais consumo de OD. Dentro deste cenário, os seres vivos mais exigentes (peixes, crustáceos etc) acabam competindo com as bactérias, algas e outros pelo oxigênio disponível, e assim, como são mais complexos, morrem, gerando mais demanda de oxigênio para sua biodegradação aeróbia. Este ciclo recomeça em um novo dia e o resultado, em médio prazo, é a transformação do ecossistema em um ambiente predominante

anaeróbio, com a ocupação desse espaço por espécies que apresentam tais características (BRAGA, 2002).

A biodegradação dos detergentes depende muito da sua estrutura química. No caso dos sabões comuns e dos álcoois sulfatados, estes são degradados rapidamente e utilizados como alimento para as bactérias. Os detergentes sintéticos com ligações de éster e amidas são rapidamente hidrolisados. Os subprodutos das hidrólises podem ou não servir de alimentos para as bactérias dependendo de sua estrutura química (SAWYER, 1994).

Já os detergentes sintéticos derivados de polímeros de óxido de etileno são susceptíveis à degradação biológica, apesar de estudos mais recentes apontarem para uma parcial biodegradação, onde o grupamento alquilbenzeno é deixado como subproduto do processo. O alquil benzeno sulfonato, derivado do propileno, é bastante resistente à biodegradação e esta persistência se traduz pela formação de espuma nas águas superficiais e subterrâneas (SAWYER, 1994).

Com a chegada do LAS no mercado, o problema da espuma foi aliviado, devido à característica de maior biodegradabilidade deste produto. A biodegradabilidade do LAS ocorre em virtude da presença de carbonos primários e secundários em sua estrutura. Já do ABS, a presença de carbonos terciários e quaternários dificulta muito mais o ataque biológico. Além disso, a cadeia parafínica linear do LAS é muito mais biodegradável do que as cadeias ramificadas do ABS (SAWYER, 1994).

Porém, apesar da característica de maior biodegradabilidade do LAS, parte de sua molécula apresenta condições de maior dificuldade de biodegradabilidade. O sulfonato, e seu contra-íon, o sódio, são rapidamente ionizados. O grupamento parafí-

nico do LAS é biodegradado com facilidade, onde a porção resultante, o alquilbenzeno, devido a sua configuração aromática, contendo duplas ligações alternadas (conforme texto técnico em anexo), apresenta uma resistência elevada à biodegradação. A exceção ocorre em ambientes com boas condições aeróbias, podendo acumular-se nos sedimentos com considerável estabilidade, por um período longo de tempo (JOHNSON et al., 2001).

Conforme apresentado na Tabela 2, a composição dos detergentes é de natureza ácida e básica, dependendo do produto e do fabricante. Após as operações de lavagens, o efluente automotivo apresenta características do pH do produto utilizado e, quando descartado no meio ambiente, o pH influencia a solubilização de compostos químicos, inclusive dos chamados metais pesados. Este fenômeno ocorre preferencialmente para algumas faixas de pH, dependendo do elemento ou composto envolvido. A variação brusca do pH, ou até mesmo a alteração do seu valor natural, em um determinado corpo hídrico, causa danos à vida macroscópica e microscópica (SAWYER, 1994).

Os solventes, combustíveis e detergentes, quando descartados em cursos d'água, apresentam características diversas em termos de biodegradabilidade, volatilidade, solubilidade e toxicidade. Os grupos de solventes que possuem características biodegradáveis e baixa toxicidade geram demanda por oxigênio dissolvido em meio aquoso, principalmente pela presença de matéria orgânica em sua composição. Esta demanda, quando excessiva, pode acarretar uma carência deste elemento no corpo d'água, e assim, causar impactos à biota aquática. Persistindo o impacto, a médio e longo prazo, o ambiente aquático pode tornar-se anaeróbio.

Quando o solvente, combustível ou detergente apresenta características recalcitrantes e tóxicas, este gera baixa demanda de oxigênio dissolvido, pois não consegue ser biodegradado aerobicamente de forma adequada. Assim, passa a apresentar fenômenos de bioacumulação no ambiente aquática, manifestando sua toxicidade.

Os sólidos presentes nos efluentes causam danos ao ambiente aquático, sejam estes presentes nas formas dissolvidas, coloidais, suspensas ou sedimentáveis.

Os dissolvidos e uma parcela dos coloidais estão associados à cor dos despejos, e podem influenciar na mudança de cor dos corpos receptores, causando problemas de ordem estética ou até mesmo tóxica. Os sólidos em suspensão e parcela dos coloidais presentes nos despejos reduz a transparência dos corpos hídricos, através da turbidez gerada, afetando os processos de fotossíntese, o que causa danos à fauna e flora aquática (GIORDANO, 2004). O lançamento de sólidos sedimentáveis, em padrões acima dos limites, provoca danos em corpos hídricos, especialmente em ambientes lacustres e baías, pelo assoreamento gerado por estes sólidos presentes nos despejos (GIORDANO, 2004). Os sólidos sedimentáveis podem vir associados a outros poluentes, como os metais pesados, por exemplo, causando danos às comunidades bentônicas (SAWYER, 2004).

### 2.2.6 | Tecnologias complementares para remoção e gestão de óleos e graxas e produtos coadjuvantes para as atividades automotivas

Conforme apresentado no tópico 2.2.4, um sistema separador água e óleo completo (incluindo caixa de areia) foi dimensionado

nado para remoção de sólidos (principalmente os mais sedimentáveis) e óleo em estado livre. Para o caso dos separadores de placas coalescentes, a remoção de uma parcela de emulsões de óleo instáveis, transformando-as em óleo em estado livre, com posterior remoção, também é possível de ocorrer. Contudo, não se pode dizer o mesmo para as emulsões estáveis e os produtos coadjuvantes. Para estes, o sistema separador água e óleo não foi projetado como dispositivo de tratamento adequado. Nesse sentido, existem no mercado, tecnologias desenvolvidas para complemento do tratamento do efluente automotivo e outras que poderiam ser adaptadas para tal, onde ambas são muito pouco aplicadas no Brasil. Essas tecnologias também poderiam ser adaptadas ou substituídas por sistemas de gestão ambiental apropriados, com uso adequado e racional de produtos químicos, nos processos de lavagem, abastecimento e manutenção de veículos automotores e auto-peças.

Para cada tipologia de atividade automotiva é importante que se faça um estudo de caso de viabilidade, envolvendo avaliações de custo-benefício e meio ambiente.

Nessa linha de aplicação, poderiam-se criar estabelecimentos especializados que fossem licenciados especialmente para finalidades de lavagem de veículos e manutenção de peças e acessórios. As atividades que não possuíssem recursos, de menor porte poderiam utilizar apenas água com controle de jateamento e produtos de limpeza muito específicos, com controle e monitoramento.

No tocante às empresas que necessitassem realizar tratamento de efluente nas instalações próprias, no campo das tecnologias

de tratamento complementares existentes, recomenda-se a aplicação das seguintes modalidades:

- sistemas de filtros;
- sistemas compactos de tratamento;
- separação gravitacional, flotação e filtração (ex: udsa - portugal);
- tratamento biotecnológico com recuperação e reutilização de águas residuárias;
- biorreatores com filtração;
- filtros de areia com carvão ativado;
- argilo minerais;
- lodos ativados com flotação e coagulação química;
- eletrocoagulação.

Os sistemas de filtros têm a função de promover a separação dos sólidos e a água. Um exemplo é da linha Hydrocarbon da americana Parker Hannifin, com elementos e filtros para vazões de até 3800 litros por minuto, e pré-filtros com micronagens variando de 0,3 a 2,5 microns, coalescentes, utilizados para separação de água e remoção de sólidos com qualificação API. Os filtros apresentam uma função de polimento em relação aos sistemas separadores água e óleo.

As tecnologias compactas de tratamento de efluentes são bem difundidas no mercado ambiental voltado para efluentes e águas residuárias, com aplicações em inúmeros segmentos de prestação de serviços e industriais.

No tocante à área automotiva, existem sistemas especializados para o tratamento e aproveitamento dos efluentes gerados nesses estabelecimentos. Normalmente, o funcionamento dos dispositivos não é mostrado com clareza, visando o segredo industrial do sistema de tratamento.

Os sistemas compactos podem estar acoplados ao reaproveitamento da água, em circuito fechado, ou simplesmente tratar o efluente descartando-o dentro de padrões ambientais adequados, em circuito aberto. Principalmente, devido a questões ambientais e à minimização de custo de operação das empresas do ramo automotivo, a utilização de sistemas compactos têm tido grande frequência para o reaproveitamento da água nas empresas.

Uma outra modalidade de tratamento refere-se aos solventes usados, que podem ser recolhidos em recipientes específicos, ou até mesmo em sistemas projetados, funcionando como uma unidade de depósito temporário. Posteriormente, são encaminhados a empresas que praticam a reciclagem, reaproveitamento ou rerrefino do solvente coletado.

O sistema UDSA (Unidade Despoluidora do Solo e Água) de Portugal, presente no Brasil, por exemplo, apresenta a utilização conjunta de técnicas de separação gravitacional, flotação e filtragem do efluente, visando à remoção de óleo livre, óleo emulsionado e sólidos em suspensão. O sistema também apresenta possibilidade de recirculação do efluente tratado.

No Brasil, um sistema semelhante, desenvolvido pela UFRGS (Universidade Federal do Rio Grande do Sul) e com o apoio do CNPq (Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico) utiliza técnicas de floculação e flotação, podendo ser usado para remoção de óleos, sólidos e tensoativos. A sua

aplicação é destinada ao reuso da água, reaproveitando 80% desta, e assim, gerando economia no consumo de água (CNPq, 2005). Outro estudo, realizado pela UNICAMP (Universidade Estadual de Campinas-SP), indica a viabilidade de utilização do reaproveitamento de água em lavadores automáticos de carroceria empregados em postos de combustíveis (tipo rollover), utilizando um sistema de coagulação, floculação e flotação por ar dissolvido (UNICAMP, 2004).

Para os tratamentos utilizando Biotecnologia, estes utilizam um composto nas águas recuperadas, após a filtração, com a capacidade de geração de enzimas, que em conjunto com microorganismos especializados, atua de forma a biodegradar consideráveis volumes de materiais orgânicos, especialmente os hidrocarbonetos presentes. Como o sistema trabalha em ciclo fechado, através da recuperação e filtragem das águas, este sistema elimina a geração de efluentes, produzindo significativa economia no custo com água e descarte de resíduos. O modelo em questão é fornecido pela empresa Água Viva Tratamento Biotecnológico, e o composto utilizado é o BIO 13.

Os Biorreatores são um sistema compacto aplicado às atividades automotivas e propõe-se a remover, além dos sólidos e do óleo livre, em sua fase preliminar, os hidrocarbonetos emulsificados e produtos químicos orgânicos que produzem DBO e DQO em valores consideráveis. Um exemplo de fabricante é a empresa americana *Hydro Engineering*.

Um modelo mais simplificado do sistema é o modelo em três estágios. O primeiro estágio consiste em um módulo separador água e óleo de placas coalescentes, que remove óleos e graxas em patamares abaixo de 50 ppm, além dos sólidos grosseiros. O segundo estágio é um biorreator com leito rotativo, onde



ocorre a biodigestão de hidrocarbonetos emulsionados e químicos orgânicos, e a biomassa é sistematicamente revirada, através desse leito. Tal processo permite aeração e maior contato da biomassa com o efluente automotivo. O terceiro estágio consiste em uma visita e/ou polimento. As dosagens automáticas e os mecanismos de bombeamento acoplados promovem uma melhor eficiência ao sistema.

O sistema pode ser adicionado a uma etapa de filtração, oferecendo melhor desempenho ao tratamento, ou também inserido em um sistema de reciclagem de efluente tratado .

Um exemplo de sistema de leito de areia com carvão ativado é o da italiana Ceccato (Wsc/Wsq). Este é composto por um cilindro de aço constituído de camadas internas de areia de quartzo que efetua a absorção das impurezas mais grosseiras e filtração da água, em um primeiro estágio, e outro cilindro de aço constituído de camadas internas de carvão ativado para remoção de agentes tensoativos, em um segundo estágio. Apresenta um painel elétrico de comando 24 V, sistema de bombas e retrolavagem automático.

Este sistema pode apresentar um caráter reciclador, acoplado a um hidrociclone (espécie de centrífuga que separa a sujeira da água), que purifica até 85% da água usada na lavagem de veículos, tendo aplicação em lavadores automáticos de carro (rollover) em postos de serviço, lava-jatos ou garagem de ônibus.

O emprego de argilo minerais constitui uma forma de tratamento de efluentes, pois promove o encapsulamento dos poluentes, através de fenômenos de complexação pelo material argiloso. A barreira de argilo mineral funciona como um filtro

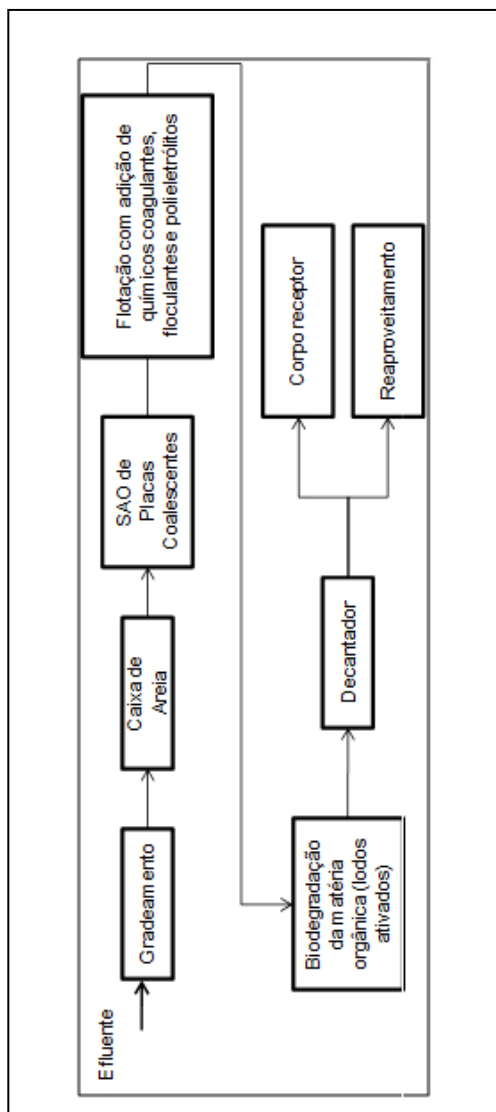
dentro de uma planta de tratamento de efluentes (NEDER, 1999).

Inicialmente, esse encapsulamento era uma alternativa de tratamento para poluentes iônicos, como, por exemplo, os metais pesados. Recentemente, também tem sido empregado para poluentes não iônicos, como os óleos e graxas (NEDER, 1999). As terras diatomáceas são argilo-minerais bastante empregados para esta finalidade (COMLURB, 2003).

Uma desvantagem do sistema é o resíduo sólido final formado, que corresponde ao material argiloso mais o poluente complexado. Este material deve ser destinado de acordo com as técnicas de resíduos sólidos empregadas. Para fins de tratamento automotivo, ou outro tipo envolvendo um efluente oleoso, esse resíduo seria enquadrado como Classe 1 (COMLURB, 2003).

A modalidade de tratamento, utilizando-se de processos físico-químicos e biológicos, pode ser aplicado às atividades automotivas, através do projeto e confecção de uma estação de tratamento. É aplicável às atividades automotivas de maior porte, que possuem vazões mais altas, como as empresas de transporte urbano (GIORDANO, 2004).

Um tipo de modelo proposto pela empresa TECMA (Tecnologia em Meio Ambiente Ltda.), apresenta três etapas de tratamento para remoção de óleo livre, óleo emulsificado e solventes orgânicos solúveis (Figura 6) (GIORDANO, 2004).



Fonte: Tratamento e controle de efluentes industriais. Giordano, G., 2004.

**Figura 6.** Diagrama esquemático do tratamento de lodos ativados com flotação e coagulação química.

As etapas preliminares com gradeamento e caixa de areia visam à remoção de sólidos grosseiros e sedimentáveis. O SAO de placas coalescentes é projetado na intenção de remover o óleo em estado livre. Já a etapa de flotação, com adição de produtos químicos (coagulantes, floculantes e polieletrólitos), atua como elemento físico-químico que permite a remoção da fase emulsionada do óleo, através da ação do ar dissolvido e dos químicos aplicados na massa líquida. A remoção ocorre na superfície (GIORDANO, 2004).

A etapa seguinte, a biodegradação da matéria orgânica, destina-se à remoção dos solventes orgânicos solúveis, ou outros orgânicos presentes nos solventes, detergentes ou nos resquícios das fases oleosas previamente retiradas. Este tratamento é realizado em um reator aeróbio, preferencialmente, um sistema de lodos ativados. A etapa final corresponde a um decantador, dispositivo este que permite a sedimentação do lodo, com recirculação deste no sistema (GIORDANO, 2004).

A destinação final do efluente gerado, após o tratamento, pode ser o reaproveitamento, o lançamento na rede coletora, ou corpo receptor, respeitando os limites estabelecidos na legislação ambiental pertinente. O lodo gerado deverá ser destinado como um resíduo classe 1, com secagem prévia (GIORDANO, 2004).

A eletrocoagulação é a passagem da corrente elétrica pelo efluente em escoamento pela calha eletrolítica, sendo responsável por diversas reações que ocorrem no meio: a oxidação dos compostos; a substituição iônica entre os eletrólitos inorgânicos e os sais orgânicos, com a consequente redução da concentração da matéria orgânica dissolvida na solução; e a desestabilização das partículas coloidais (GIORDANO, 2004).

Desde a última década, a eletrocoagulação tem sido largamente usada na América do Sul, América do Norte e Europa, para o tratamento de efluentes contendo óleo e detergentes sintéticos (MOLLAH, 2001). Devido à grande eficiência observada e à praticidade de instalação e operação, o seu uso poderia ser estendido aos estabelecimentos automotivos.

Esta técnica tem sido aplicada em fábricas de molas, que possuem um efluente tipicamente oleoso (ODAIR P. DE JESUS, 2005).

### 3 | ASPECTOS LEGAIS

No Brasil, a legislação que estabelece os padrões ambientais permitidos para o lançamento de efluentes oleosos é a Resolução CONAMA n° 357, de 17 de março de 2005, que substituiu recentemente a Resolução CONAMA n° 20, de 18 de junho de 1986, a qual regulamentava estes padrões anteriormente (BRASIL, 2005).

As unidades da federação e alguns municípios também apresentam valores próprios adotados como limites de lançamento em corpos receptores através de suas legislações ambientais, contudo, estes não podem exceder aos valores máximos adotados pela União. Neste caso, podem ser apenas mais restritivos (MARTINI JÚNIOR e GUSMÃO, 2003). Nem todos os parâmetros de lançamento são estabelecidos pela Resolução CONAMA n° 357/2005, onde os parâmetros contidos nas legislações ambientais estaduais e municipais podem atuar de maneira complementar dentro de cada jurisdição, levando em consideração o enquadramento previsto para o corpo d'água. Inclusive, os estados e municípios podem considerar diferentes metodologias e parâmetros de análise, que por ventura considerem importantes em suas realidades (BRASIL, 2005).

A Resolução CONAMA n° 357/2005 considera que estados e municípios devem possuir parâmetros próprios de lançamento, independentemente destes estarem inclusos ou não na Resolução, seja através de norma específica ou por licenciamento de atividade. A avaliação da capacidade suporte do corpo hídrico para empreendimentos de significativo impacto também é prevista nessa Resolução e deve ser empregada pelos municípios e estados para fins de licenciamento (BRASIL, 2005).

O licenciamento ambiental para atividades potencialmente poluidoras, em âmbito nacional, é definido em linhas gerais pela Lei 6.938, de 31 de agosto de 1981, que instituiu a política nacional de meio ambiente. A Resolução CONAMA nº 1, de 23 de janeiro de 1986, que estabeleceu os procedimentos e requisitos básicos para a aplicação da AIA (Avaliação de Impactos Ambientais), e a Resolução CONAMA nº 237, de 19 de dezembro de 1997, que estabeleceu os critérios gerais e as atividades passíveis de licenciamento ambiental, constituem outros instrumentos importantes nesta questão (MARTINI JÚNIOR e GUSMÃO, 2003).

No caso específico dos postos de abastecimento, que possuem instalações e sistemas de armazenamento de derivados de petróleo e outros combustíveis, em virtude do potencial de contaminação de corpos d'água subterrâneos, superficiais, ar e solo, instituiu-se o licenciamento ambiental obrigatório, em âmbito nacional, através da Resolução CONAMA 273, de 29 de novembro de 2000 (FEEMA/COPPETEC, 2003).

Para as demais atividades automotivas que não possuem sistemas de armazenamento de combustíveis derivados de petróleo, o licenciamento ambiental é realizado em virtude da interpretação do órgão licenciador competente, podendo este ser a União, o Estado, ou até mesmo o Município (FEEMA/COPPETEC, 2003).

Normalmente, é de senso comum que atividades que lidam com resíduos oleosos tenham que ser submetidas a processos de licenciamento, devido à toxicidade e impactos ambientais potenciais que esse tipo de resíduo pode apresentar (FEEMA/COPPETEC, 2003).

Existem inúmeros diplomas legais em nível estadual e municipal no país que norteiam a ação dos organismos ambientais lotados nessas esferas, no tocante ao licenciamento e ao controle da poluição dos efluentes oleosos gerados nas atividades automotivas.

Como exemplo do exposto acima, no Estado do Rio de Janeiro, a IT 1842 R-0 estabelece entre outros assuntos, os critérios de controle de efluentes para postos de abastecimento. No caso da cidade do Rio de Janeiro, a Lei Municipal 2.482, de 04 de outubro de 1996 estabelece que atividades automotivas em geral, tais como postos de gasolina, oficinas e garagens de ônibus, devam possuir caixas separadoras de óleo, de acordo com o modelo estabelecido pela FEEMA, para fins de licenciamento junto ao Município (FEEMA/COPPETEC, 2003).

### 3.1 | Limites de lançamento para o óleo

A Resolução n° 357/2005 define em seu artigo 34 o padrão de lançamento de 20 mg/L para óleos minerais, e 50 mg/L para óleos vegetais e gorduras animais.

Na Tabela 3, encontram-se exemplificados os parâmetros adotados para óleos minerais, vegetais e animais em alguns estados do país.

**Tabela 3.** Padrões de lançamento de óleo em diferentes estados.

ESTADO	VALOR DE LANÇAMENTO	REFERÊNCIA
Rio de Janeiro	20 mg/L (óleo mineral), 30 mg/L (óleo vegetal, animal)	NT – 202 R.10
Minas Gerais	20 mg/L (óleo mineral), 50 mg/L (óleo vegetal, animal)	Deliberação normativa n° 10/86
Rio Grande do Sul	10 mg/L (óleo mineral), 30 mg/L (óleo vegetal, animal)	Portaria 01/89 SSMA



### 3.2 | Limites de lançamento para os surfactantes

A Resolução CONAMA nº 357/2005 não estabelece um padrão de lançamento para surfactantes. Esta resolução apenas estabelece o limite máximo permissível de concentração em um corpo hídrico, em função de sua classe, conforme Tabela 4.

**Tabela 4.** Limite de concentração máxima de surfactantes de acordo com a Resolução CONAMA 357/2005.

	Classe das águas	Limite máximo permitido
MBAS	Doces, salobras e salinas	0,5 mg/L LAS (alquil benzeno sulfonato linear) para águas doces e 0,2 mg/L LAS para águas salobras e salinas

O limite de lançamento de surfactantes é determinado por legislações estaduais, através de seus órgãos de controle ambiental, representado na Tabela 5.

**Tabela 5.** Limites de lançamento de surfactantes para diferentes estados brasileiros.

ESTADO	VALOR DE LANÇAMENTO	REFERÊNCIA
Rio de Janeiro	2,0 mg/L MBAS	NT – 202 R.10
Rio Grande do Sul	2,0 mg/L MBAS, com ausência de espumas	Portaria 01/89 SSMA

### 3.2.1 | Outros diplomas legais de importância ambiental em relação aos detergentes

A fabricação e a importação de detergentes não biodegradáveis no Brasil foram proibidas através da Lei 7.365, de 13 de setembro de 1985.

Anteriormente a esta Lei, a Portaria 112, de 14 de maio de 1982, da Vigilância Sanitária já determinava que a composição dos surfactantes aniônicos deveria ser biodegradável.

Os testes de biodegradabilidade são baseados em outra portaria complementar da Vigilância Sanitária de nº 120, de 24 de novembro de 1995.

Com relação ao conteúdo dos detergentes, a resolução 01/78 do Conselho Nacional de Saúde, define os parâmetros a serem seguidos.

## 3.3 | Limites de lançamento para a DQO

Os limites de lançamento de DQO no Brasil são estabelecidos pelos respectivos órgãos ambientais estaduais, cada um em sua esfera de atuação. A Resolução CONAMA nº 357/2005, não faz menções para este parâmetro.

Na Tabela 6, encontram-se exemplificados os limites de lançamento de DQO, adotados em alguns estados brasileiros.

**Tabela 6.** Limites de lançamento de DQO para diferentes estados brasileiros

ESTADO	VALOR DE LANÇAMENTO	REFERÊNCIA
Minas Gerais	Fixado em máximo de 90 mg/L independente da atividade	Deliberação Normativa nº 10/86
Rio de Janeiro	Varia em função da tipologia da atividade Mínimo de 150 mg/L para fabricação de bebidas, e máximo de 400 mg/L para curtumes e processamento de peles. Para atividades Petroquímicas limite de 250 mg/L, referência para atividades automotivas.	DZ – 205 R.5
Rio Grande do Sul	Varia em função da vazão do estabelecimento Para atividades já implantadas, o mínimo é de 160 mg/L para vazões superiores a 10.000 m <sup>3</sup> /dia, e máximo de 450 mg/L para vazões inferiores a 20 m <sup>3</sup> /dia. Para atividades a serem implantadas, o mínimo é de 100 mg/L, para vazões superiores a 10.000 m <sup>3</sup> /dia, e máximo de 360 mg/L, para vazões inferiores a 20 m <sup>3</sup> /dia.	Portaria 01/89 SSMA

### 3.4 | Limites de lançamento para sólidos em suspensão e material sedimentável

O limite de lançamento para Materiais Sedimentáveis estabelecido na Resolução CONAMA nº 357/2005 é de 1 mL/L. Para o lançamento em lagos e lagoas, cuja velocidade de circulação é praticamente nula, os materiais sedimentáveis deverão estar

virtualmente ausentes. Este padrão é seguido nas legislações ambientais dos diferentes estados brasileiros.

Os sólidos em suspensão são apenas controlados pela legislação ambiental de alguns estados. A Resolução CONAMA nº 357/2005 não estabelece limites para este parâmetro. A Tabela 7 relaciona alguns limites de lançamento para diferentes estados brasileiros.

**Tabela 7.** Limites de lançamento de sólidos em suspensão para diferentes estados brasileiros.

ESTADO	VALOR DE LANÇAMENTO	REFERÊNCIA
Minas Gerais	Concentração máxima diária até 100 mg/L, e concentração média aritmética mensal de 60 mg/L	Deliberação Normativa nº 10/86
Rio de Janeiro	Não há limites estabelecido	—
Rio Grande do Sul	Para atividades já implantadas, o limite mínimo é de 50 mg/L para vazões acima de 10.000 m <sup>3</sup> /dia, e 200 mg/L para vazões abaixo de 20 m <sup>3</sup> /dia. Para atividades a serem implantadas o limite mínimo é 40 mg/L para vazões acima de 10.000 m <sup>3</sup> /dia, e 120 mg/L para vazões abaixo de 20 m <sup>3</sup> /dia	Portaria 01/89 SSMA

### 3.5 | Limites de lançamento para o pH

A Resolução CONAMA nº 357/2005 estabelece uma faixa de pH entre 5 e 9 para lançamento em qualquer corpo hídrico.

Os demais estados brasileiros estabelecem limites de lançamento próprios. Em alguns casos, os limites determinados na Resolução CONAMA nº 357/2005 são repetidos, em outros

casos, são fixados limites mais restritivos. Na Tabela 8, são exemplificados os limites empregados em alguns estados.

**Tabela 8.** Limites de lançamento de pH para diferentes estados brasileiros.

ESTADO	VALOR DE LANÇAMENTO	REFERÊNCIA
Goiás	5 a 9	Decreto 1745/79
Minas Gerais	6,5 a 8,5	Deliberação Normativa nº 10/86
Rio de Janeiro	5 a 9	NT – 202 R.10
Rio Grande do Sul	6 a 8	Portaria 01/89 SSMA

## 4 | METODOLOGIA EMPREGADA

A metodologia para a avaliação dos efluentes automotivos em campo (dados primários) foi determinada através de parâmetros físico-químicos, levando em consideração critérios técnicos envolvendo a natureza do efluente, além de questões relacionadas à análise de custo e benefício na amostragem. Estes parâmetros visaram avaliar a influência, do ponto de vista de impacto ambiental, dos principais constituintes dos efluentes automotivos levantados: Óleos, sólidos, detergentes, solventes e combustíveis. A escolha das atividades automotivas consistiu em locais que apresentassem exequibilidade na condição de coleta. As atividades automotivas selecionadas possuem vazões que viabilizam a consolidação de um trabalho, e, por conseguinte, apresentam aspectos potencialmente poluidores.

Neste contexto, os parâmetros de análise e as atividades automotivas selecionadas foram:

- Óleos e graxas; MBAS, ou surfactantes; DQO; sólidos em suspensão, ou RNFT; sólidos sedimentáveis, ou materiais sedimentáveis; pH.
- Cinco postos de abastecimento de combustíveis; uma garagem de ônibus; uma transportadora de carga; um lava-jato; um auto-center; três concessionárias de veículos; uma retífica de motores.

Em todos os estabelecimentos estudados foram amostrados efluentes oriundos de separadores convencionais e de placas coalescentes. As amostragens ocorreram de forma simples e composta, dependendo da estratégia de monitoramento estabelecida para cada estabelecimento, individualmente.

## 5 | ATIVIDADES E ETAPAS DE CAMPO DESENVOLVIDAS

As atividades desenvolvidas foram baseadas em um protocolo de monitoramento, dividido em duas etapas: O levantamento preliminar e a amostragem de campo. No levantamento preliminar foram avaliadas nas atividades automotivas (através de questionário e registro fotográfico), a forma de trabalho dos empregados, as diluições e produtos aplicados nos processos envolvidos, a cubagem da água utilizada (para o caso de mangueiras pressurizadas), e o levantamento de consumo (para o caso de sistemas tipo rolo, ou rollover). Para os sistemas separadores água e óleo foram documentados as tipologias, dimensões, tempos de manutenção, aspectos gerais de conservação e vazões de entrada e saída, em alguns casos em caixas de passagem, através de cubagem. Após os levantamentos preliminares, foi realizada a amostragem de campo em si (antes e após os SAO), de acordo com um plano pré-estabelecido para cada empresa e área de estudo. Todas as amostras coletadas no trabalho de campo foram analisadas por um laboratório credenciado (TECMA - Tecnologia em Meio Ambiente Ltda.) e identificadas previamente por uma planilha (Cadeia de custódia).

Em função das observações de campo e dos levantamentos de revisão bibliográfica, foram amostradas as seguintes operações nas atividades automotivas, que possuem vazões significativas, e por conseguinte, apresentam possibilidades de geração de efluente potencialmente poluidor, que são:

- efluentes de áreas de lavagem de carroceria e chassis;
- efluentes de lavagem de piso com e sem uso de produtos químicos em áreas de abastecimento;
- efluentes de áreas de lavagem e limpeza de peças.

## 6 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

As amostragens realizadas nas atividades automotivas estudadas permitiram obter informações importantes sobre o potencial poluidor do efluente automotivo. Os gráficos abaixo (Figuras 7 a 12) apresentam os resultados para efluente (após os SAO) dos parâmetros de monitoramento escolhidos.

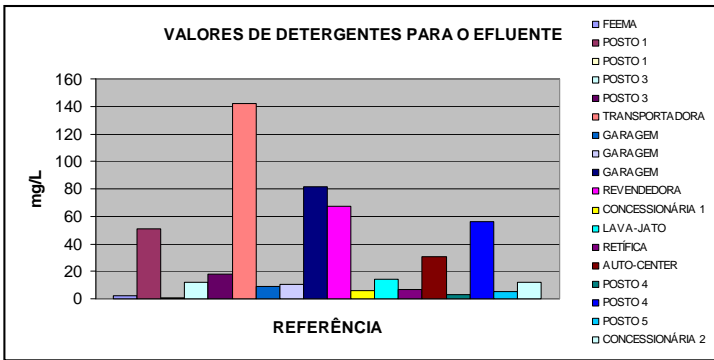


Figura 7. Valores de detergentes para o efluente.

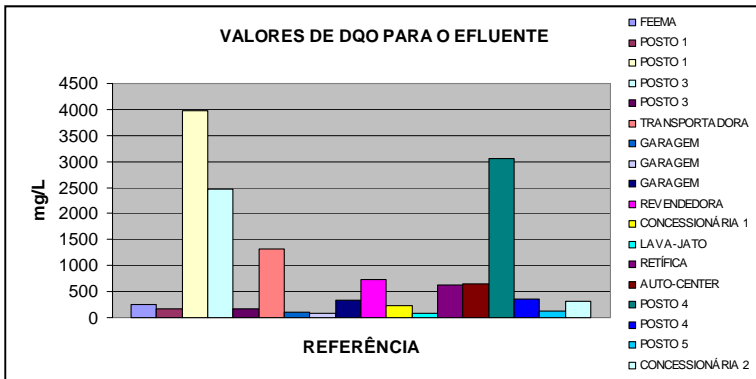


Figura 8. Valores de DQO para o efluente.



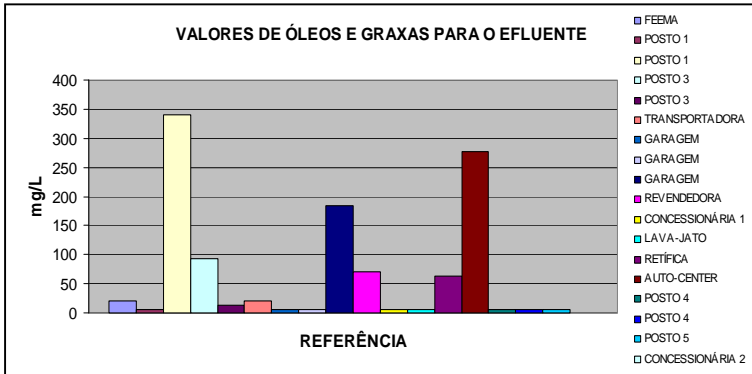


Figura 9. Valores de óleos e graxas para o efluente.

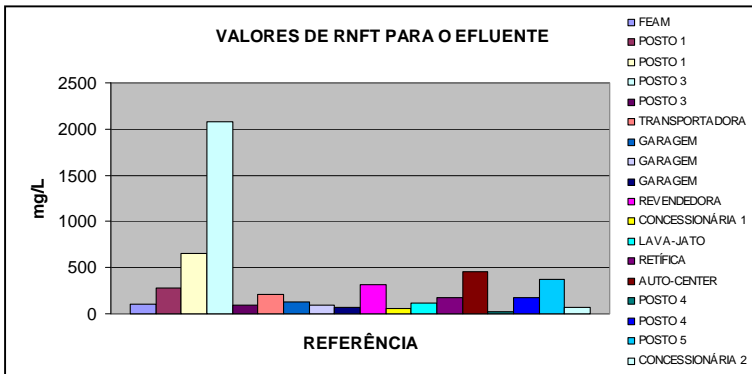


Figura 10. Valores de RNFT para o efluente.

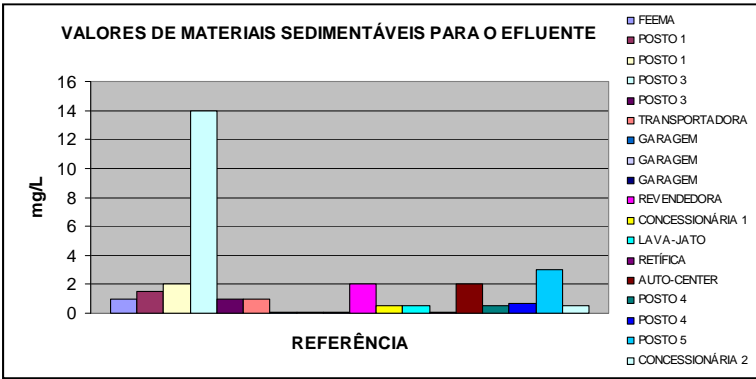


Figura 11. Valores de material sedimentável para o efluente.

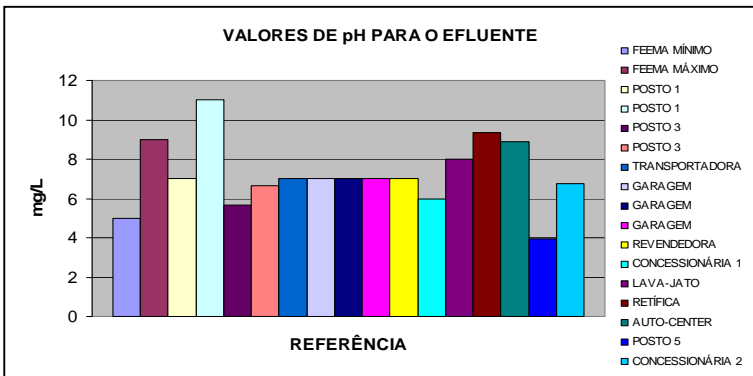


Figura 12. Valores de pH para o efluente.

A Tabela 9, abaixo, consolida os valores máximos (incluindo o valor mínimo para o pH) dos resultados obtidos na análise dos efluentes automotivos coletados após os SAO. Na coluna ao lado os resultados são confrontados com os valores de refe-

rência de lançamento da FEEMA (Fundação Estadual de Engenharia de Meio Ambiente), do Estado do Rio de Janeiro.

**Tabela 9.** Consolidação dos resultados máximos obtidos com padrão comparativo de lançamento.

PARÂMETROS	RESULTADOS	REFERÊNCIA
Surfactantes (MBAS)	142 mg/L	2 mg/L
DQO	3.984 mg/L	250 mg/L
Óleos e graxas	341 mg/L	20 mg/L
RNFT	2.077 mg/L	100 mg/L
Materiais sedimentáveis	14 mL/L	1mL/L
pH	3,97 e 11,00	5 a 9

OBS: A referência de RNFT foi tomada pela DN 10/86 do Estado de Minas Gerais-Brasil.

O consumo de água semanal nas atividades automotivas avaliadas variou de 2.376 litros até 116.205 litros, principalmente devido ao porte da empresa. As vazões instantâneas aferidas na saída dos separadores alcançaram o valor máximo de 1,4 L/s. A vazão máxima das mangueiras pressurizadas foi de 1.200 L/h. Os sistemas rollover apresentaram vazão máxima de 100 litros por ciclo.

Conforme observado na Tabela 9, as amostragens de campo constataram que para os parâmetros observados, os efluentes automotivos submetidos ao tratamento utilizando um SAO apenas, seja este convencional ou de placas coalescentes, apresentam problemas para o correto enquadramento frente aos padrões de lançamento de efluentes estabelecidos no Brasil.

Os parâmetros MBAS e DQO estão atrelados principalmente aos produtos utilizados para realização de lavagens e limpezas de veículos, peças e pisos, que são os detergentes automotivos e os solventes em geral. A composição química e seus respectivos fatores de diluição, apresentados na Tabela 2, explicam as altas concentrações observadas no efluente automotivo, em função da presença de matéria orgânica e compostos refratários.

O pH, conforme observado na Tabela 2, apresenta composições de produtos ácidos e alcalinos, explicando assim a observação de picos fora do padrão de lançamento, em função da concentração utilizada nas operações de lavagem e limpeza de um modo geral. A maior variação de pH, observada para a faixa básica, onde o pH observado atingiu o valor de 11, ocorreu em uma medição após um SAO convencional em uma lavagem de piso em um posto de abastecimento. O produto utilizado, observado na Tabela 2, foi o metassilicato de sódio (em pó), também conhecido como Solupan.

Conforme apresentado no tópico 2.2.4, altas concentrações de detergentes influenciam os processos de emulsificação do óleo, comprovadas pelas concentrações de óleos e graxas apresentados na Tabela 9. Este pode estar retido no SAO, ou até mesmo nas superfícies de pisos, veículos e peças. As concentrações altas de óleo observadas estão vinculadas à emulsificação dos óleos, principalmente durante os processos de lavagem e limpeza. Como os SAO foram projetados para reter óleo em estado livre, ou tipo de emulsões instáveis no máximo, o óleo quimicamente e fisicamente emulsionado passa pelo SAO e é concentrado no efluente final, apresentado na Tabela 9, através da leitura do parâmetro óleos e graxas. Outra influência na leitura dos óleos e graxas pode também ser do próprio óleo

livre, em função de problemas de projeto e manutenção dos SAO, também apresentado no tópico 2.2.4.

As lavagens utilizando sistema rollover, que corresponde à lavagem da carroceria, de uma forma geral, foram o único sistema que apresentou baixas concentrações de óleo no efluente final, haja vista que concentrações de óleo não são tão presentes nas carrocerias, e sim nos chassis, pisos ou peças. As lavagens com jato pressurizado nas peças, chassis e pisos, em conjunto com o processo de aplicação de solventes e detergentes, é que geram praticamente quase toda a carga oleosa para os separadores água e óleo.

Em relação aos sólidos, aferidos pelos parâmetros RNFT e material sedimentável, em função das concentrações verificadas, observa-se que o efluente automotivo é muito rico em sólidos de uma forma geral. Estes são incorporados aos efluentes através da aplicação de água jateada, ou rollover, em conjunto com a utilização dos produtos coadjuvantes e fricção mecânica, durante as limpezas e lavagens, sejam para os veículos, peças ou pisos. Na média, ambos os parâmetros apresentaram-se acima dos padrões de lançamento considerados como referência para o efluente final, conforme Figuras 10 e 11.

Supõe-se que o fato do efluente automotivo final apresentar padrões de lançamento acima das referências legais tenha ocorrido basicamente por quatro fatores: o primeiro porque a maioria dos sistemas separadores água e óleo observados não apresentavam sistemas prévios de retenção de sólidos, as chamadas caixas de areia, ou apresentavam-se mal projetadas e instaladas. O segundo porque muitas caixas de areia, ou separadores, estavam necessitando de manutenção, onde os

respectivos leitos já encontravam-se devidamente preenchidos por sólidos. O terceiro refere-se à operação em si. Existe uma prática muito comum entre os empregados das atividades automotivas em jatear calhas, caixas de passagens e até mesmo as caixas de areia e as entradas dos sistemas separadores água e óleo. Esse aspecto faz com que os sólidos, em função da aplicação de um regime hidráulico turbulento, passem pelo SAO sem remoção. O quarto porque muitos sólidos gerados no efluente automotivo pelos processos de lavagem e limpeza, representados na Figura 1, não são removíveis pelos sistemas separadores água e óleo, necessitando de outros sistemas mais complexos para serem removidos.

## 7 | CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

Considerando o número de atividades automotivas presentes no Brasil, conforme apresentado na Tabela 1, em conjunto com as vazões aferidas em campo, esta análise remete a um cenário significativo do ponto de vista de impacto ambiental potencial nos corpos hídricos de uma forma geral, tendo como referência os aspectos técnicos e legais levantados respectivamente nos capítulos 2 e 3 deste estudo. Neste caso, a preocupação em estudar a questão é relevante, ainda mais quando consideramos o baixo grau de assistência de redes coletoras e estações de tratamento de esgotos municipais no Brasil. Nesse caso, o efluente automotivo, após passar pelo nível de tratamento apresentado nesse estudo, é drenado diretamente para redes de águas pluviais, que indiretamente irá atingir um corpo receptor, ou diretamente para o próprio corpo receptor.

Assim, tendo em vista a utilização atual de solventes, detergentes e combustíveis para limpeza de peças e lavagem de veículos, observa-se que somente o emprego de separadores água e óleo para o tratamento dos efluentes líquidos automotivos avaliados, conforme estes foram concebidos, independente de sua origem: tipo convencional ou de placas coalescentes, não é o suficiente para enquadrá-los dentro dos padrões de lançamento apresentados no capítulo 3, tomando como referência o protocolo de monitoramento proposto.

Do ponto de vista técnico, o protocolo de monitoramento adotado nesse estudo utilizando os parâmetros surfactantes (MBAS), DQO, óleos e graxas, RNFT, materiais sedimentáveis e pH, mostrou-se eficiente e prático na avaliação dos efluentes automotivos. Desta forma recomenda-se que as atividades automotivas, órgãos ambientais licenciadores e fiscalizadores

utilizem estes parâmetros para controle dos efluentes automotivos, tomando como referência seus respectivos padrões de lançamento, observadas as respectivas capacidades suporte dos corpos receptores, para os casos mais complexos.

Os separadores água e óleo seriam uma etapa do tratamento do efluente automotivo, e não apenas o único tipo de tratamento, verificado nesta dissertação. Nesse sentido, os separadores de placas coalescentes configuram uma solução técnica mais avançada do que os separadores convencionais, em função do controle tecnológico utilizado, inerente aos separadores de placas coalescentes, no tocante à remoção de óleo em estado livre e emulsões instáveis. Contudo, sem a instalação, utilização e manutenção correta, o emprego de separadores de placas coalescentes pode apresentar até piores desempenhos do que os convencionais, principalmente em virtude da deteriorização de seus elementos constituintes e da sua forma de instalação.

A criação de centros de lavagem veicular, dotados de sistemas de tratamento de efluentes, onde algumas opções foram apresentadas no tópico 2.2.6, devidamente licenciados, constitui outra proposta para a solução dos problemas de não conformidade descritos para o SAO. O emprego de técnicas de reuso de água e melhorias na gestão e utilização dos produtos coadjuvantes nas atividades automotivas também poderia ser um outro recurso a ser aplicado nas atividades automotivas. Para empresas com poucos recursos, a não utilização de solventes e detergentes nas lavagens e limpezas automotivas, sendo estes procedimentos feitos com água somente, poderia viabilizar o uso correto do SAO, principalmente o tipo convencional, mais comum nesses estabelecimentos, desde que fosse empregado um eficiente sistema prévio de remoção de sólidos,



como uma caixa de areia devidamente calculada e planejada, através de norma técnica específica.

De uma forma geral, as observações de campo, os parâmetros aferidos nos efluentes automotivos e a pesquisa bibliográfica remetem à conclusão de que o setor automotivo necessita urgentemente de normas claras e objetivas para a gestão de efluentes hídricos, coisa que hoje não existe. Nesse aspecto, incluem-se os critérios de construção, utilização e manutenção correta dos separadores água e óleo, além de outros dispositivos e o reuso de água. Deve-se também levar em consideração as condições de contorno de uma determinada atividade automotiva, como por exemplo, a existência ou não de rede coletora de esgotos municipais.

Essa política de gestão deve estar atrelada a uma maior presença dos órgãos ambientais nas atividades automotivas, considerando critérios de uniformidade de fiscalização, exemplificado pelo protocolo de monitoramento utilizado nesse estudo. A fiscalização não deve estar restrita à fase de operação da atividade automotiva, durante as fases de licenciamento prévio (LP e LI). Os órgãos ambientais responsáveis devem cobrar o emprego de normas técnicas e projetos com memória de cálculo dos dispositivos de controle, de forma uniforme. Também deverão avaliar a eficiência do sistema de tratamento proposto, em virtude dos produtos coadjuvantes a serem utilizados, que deverão ser inventariados, vinculando o processo a questões de gestão das águas.

Quanto às atividades automotivas, estas também devem fazer a sua parte, no sentido de começarem a se preocupar com a utilização da água como recurso e a geração de efluentes. A figuração de profissionais com especialização na área ambi-

ental no quadro de funcionários ou como consultores já seria um bom caminho no sentido de solucionar os problemas ambientais correlatos. A busca de certificações ambientais deve fazer parte das atividades ambientais, e estimularia também solucionar a melhoria da qualidade de seus efluentes. A preocupação ambiental e social com a comunidade em que a atividade automotiva está inserida, ganhos de imagem, economia no custo da água e insumos, além de multas ambientais seriam outros argumentos a favor a serem levados em consideração para o processo de implantação de uma política de gestão ambiental nas empresas, e por conseguinte, para a melhoria do efluente automotivo.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABNT. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. Postos de Serviço – Sistema de drenagem oleosa: NBR- 14605, Rio de Janeiro, 2000. 2p.
- ÁGUA VIVA TRATAMENTO BIOTECNOLÓGICO. Catálogo técnico do composto BIO 13. Guarujá, SP, 2005. 7p.
- APHA, AWWA, WPCF. Standard Methods for the Examination of water and wastewater. 20th edition, New York, 1998.
- AQUOLUDSA, Lda. Catálogo técnico do sistema U.D.S.A. Portugal, 2005. 4p.
- ARIZONA DEPARTMENT OF ENVIRONMENTAL QUALITY. Badct Guidance document for pretreatment with Oil/Water Separators Draft, USA, 1996. 34p.
- BAIRD, Colin. Química Ambiental. Tradução Maria Angeles, Lobo Recio e Luiz Carlos Marques Carrera. 2 ed. Porto Alegre, Bookman, 2002. 622 p.
- BRAGA, Benedito; HESPANHOL, Ivanildo; CONEJO, João G.; Lotufo, BARROS; Mário Thadeu L.; SPENCER, Milton; PORTO, Mônica; NUCCI, Nelson; JULIANO, Neusa; EIGER, Sérgio. Introdução à Engenharia Ambiental. São Paulo, Prentice Hall, 2002.
- BRANCO, Samuel M. Poluição. Rio de Janeiro, Ao Livro Técnico, 1972. 157p.
- BRASIL. CONSELHO NACIONAL DE MEIO AMBIENTE (CONAMA). Resolução nº 1, de 23 de janeiro de 1986. Estabelece os procedimentos e requisitos básicos para a implantação da avaliação de impacto ambiental. Resolução nº 237, de 19 de dezembro de 1997. Estabelece critérios para o licenciamento ambiental e define as atividades passíveis de licenciamento. Resolução nº 273, de 29 de novembro de 2000. Dispõe sobre o licenciamento ambiental para postos combustíveis. Resolução nº 357, de 17 de março de 2005. Dispõe sobre a classificação

das águas doces, salobras e salinas, em todo o território nacional, bem como determina os padrões de lançamento.

BRASIL. CONGRESSO NACIONAL. Lei nº 6.938, de 31 de agosto de 1981. Estabelece a política nacional de meio ambiente. Lei nº 7.365, de 13 de setembro de 1985. Proíbe a fabricação e importação de detergentes não biodegradáveis no Brasil.

BRASIL. MINISTÉRIO DAS CIDADES. Programa de modernização do setor de Saneamento. Disponível em: <http://www.pmss.gov.br/pmss>. Acessado em: 25 de Ago. de 2007.

BROWN, Theodore C.; LE MAY, H. Eugene Jr.; BURSTEN, Bruce E. Química Ciência Central. Tradução Horácio Macedo. 7 ed. Rio de Janeiro, LTC, 1997. 702 p.

CECCATO. Informações técnicas sobre o modelo WQS/WSC. Disponível em: <http://www.ceccato.com.br/>. Acessado em: 13 de set. de 2005.

CONSELHO NACIONAL DE DESENVOLVIMENTO CIENTÍFICO E TECNOLÓGICO (CNPq). Equipamento da UFRGS Reaproveita até 80% de água utilizada. Disponível em: <http://www.cnpq.br/>. Acessado em: 13 de set. de 2005.

COMLURB. COMPANHIA MUNICIPAL DE LIMPEZA URBANA DA CIDADE DO RIO DE JANEIRO-RJ. Relatório de avaliação do separador água e óleo Instalado na Gerência de Transporte (IGT), 2003. 15p.

DAVIS PRODUTOS SINTÉTICOS E SERVIÇOS. Ficha técnica de produtos. Disponível em: <http://www.davis.com.br>. Acessado em: 30 de nov. de 2004.

DAVIS PRODUTOS SINTÉTICOS E SERVIÇOS. Ficha técnica dos Produtos Alubrite P, Siliclin e Emulsin 10. Rio de Janeiro, RJ, 2005.

FEEMA. FUNDAÇÃO ESTADUAL DE ENGENHARIA DO MEIO AMBIENTE. NT 202 –R10, de 12 de dezembro de 1986. Critérios e padrões para lançamento de efluentes líquidos. DZ 205 – R5, de 05 de outubro de 1991. Diretriz de controle de carga orgânica em efluentes líquidos de origem industrial. IT 1842 R-0, de 12 de março de 2003. Instrução Técnica para o requerimento das licenças ambientais para postos de serviço e obtenção da autorização para seu encerramento. MF 412. Método de determinação de óleos e graxas (extração em Soxhlet). MF 413. Método de determinação de óleos e graxas (partição gravimétrica). MF 414. Método de determinação de óleos minerais (extração Soxhlet e separação com sílica gel).

FEEMA/SEMADS/COPPETEC. Programa de capacitação técnica e gerencial de órgãos ambientais Fase II. Módulo 8: Controle de efluentes líquidos em atividades potencialmente poluidoras de Pequeno Porte. Rio de Janeiro, 2003.

GIORDANO, Gandhi. Tratamento e controle de efluentes industriais. Apostila de Curso. Departamento de Engenharia Sanitária e do Meio Ambiente/UERJ, Rio de Janeiro, RJ, Brasil, 2004.

GOÍAS. PALÁCIO DO GOVERNO DO ESTADO. Decreto 1745, de 06 de dezembro de 1979. Aprova o regulamento da Lei nº 8544, de 17 de outubro de 1978, que dispõe sobre a prevenção e o controle da poluição do meio ambiente.

GROBERIO, Fernando. Estudos de resíduos gerados nas atividades de lavagem de carros em postos de serviço automotivo na cidade de Vitória/ES. Dissertação de M.Sc. UFES, Vitória, ES, Brasil, 2003.

HYDRO ENGINEERING. Catálogo Técnico. Disponível em: <http://www.hydroengineeringinc.com/>. Acessado em: 01 de dez. de 2005.

IBGE. INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Cadastro Central de Empresas. Rio de Janeiro, 2002.

ITOPFL. INTERNATIONAL TANKER OWNERS POLLUTION FEDERATION LIMITED. Disponível em: <http://www.itopf.com>. Acessado em: 30 de nov. de 2004.

JESUS, Odair P.; CASTRO, Jorge A. Regal. "Avaliação da eficiência de sistemas separadores de óleo para efluentes provenientes da lavagem e lubrificação de veículos". In: Anais do Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, 13., v.2, p.247, Maceió, AL, agosto de 1985.

JOHNSON, S.J.; BARRY, D.A.; CHRISTOF, N; PATEL, D. Potential for anaerobic biodegradation of linear alkylbenzene cable oils: Literature Review and Preliminary Investigation. EPP Publications, 2001. 12p.

JOHNSON DIVERSEY . Ficha técnica dos produtos Orquimol e Solupan Técnico. São Paulo, SP, 2005.

LIMPLUS INDÚSTRIA E COMÉRCIO DE PRODUTOS DE LIMPEZA. Disponível em: <http://www.limplus.com.br/catalog/>. Acessado em: 30 de nov. de 2004.

MARTINI JÚNIOR, Luiz Carlos; GUSMÃO, Antonio Carlos Freitas. Gestão ambiental na indústria. 1 ed. Rio de Janeiro, Editora Destaque, 2003.

METAL SINTER AND PARKER RACOR. Catálogo técnico. Disponível em: <http://www.metalsinter.com.br>. Acessado em: 01 de dez. de 2004.

MINAS GERAIS. CONSELHO DE POLÍTICA AMBIENTAL (COPAM). Deliberação Normativa nº 10, de 16 de dezembro de 1986. Estabelece normas e padrões para qualidade das águas, lançamento de efluentes nas coleções de água e dá outras providências.

MISSISSIPPI STATE UNIVERSTY. AGRICULTURAL AND BIOLOGICAL ENGINEERING DEPARTAMENT. Training for Construction site erosion control and storm water facility inspection. USA, 1993. 4p.

MOLLAH, M. Yousuf A.; SCHENNACH, Robert; PARGA, Jose R.; COCKE, David L. Eletrocoagulation-Science and applications. journal of hazardous materials, pp.29-41, 2001.

- NEDER, Lúcia T. Câmara; OLIVEIRA, Walter E.; ROCHA, Aristides A.; SZAJNBOK, Moyses. "Tratamento de resíduos industriais oleosos: Tecnologia de encapsulamento por complexos argilo minerais-CAMs". Revista Engenharia Sanitária e Ambiental, v.4, pp.133-141,1999.
- ODAIR P. DE JESUS (comunicação pessoal, 23 de maio de 2005).
- ODUM, E. Fundamentals of Ecology. 3 ed. Toronto, WB. Saunders, 1971.
- PARENTE, Expedito J. Sá. Biodiesel: uma aventura tecnológica num país engraçado. 1 ed. Fortaleza, CE, Tecbio, 2003. 66p.
- PAXÉUS, Niclas. Vehicle washing as a source of organic pollutants in municipal wastewater. Göteborg, Sweden, 1996.8p.
- PEREIRA, Renato C.; SOARES, Abílio G. Biologia Marinha. 1 ed. Rio de Janeiro, Editora Interciência, 2002. 382p.
- PREFEITURA MUNICIPAL DE DUQUE DE CAXIAS. SECRETARIA MUNICIPAL DE MEIO AMBIENTE E PROJETOS ESPECIAIS (SEMAPE). Cadastro Municipal de atividades potencialmente poluidoras. Ano base 2004.
- PROSIL. Ficha Técnica do metassilicato de sódio. Rio de Janeiro, 2005.
- SÃO PAULO. GABINETE DO GOVERNADOR. Lei nº 997, de 31 de maio de 1976. Dispõe sobre o controle da poluição no meio ambiente.
- SAWYER, Clair N. Chemistry for Environmental Engineering. 4 ed. Singapura, Mc Graw-Hill, 1994.
- SAWAMURA, M.Y.; MORITA, D.M. "Mecanismos de desemulsificação de águas residuárias de indústrias de refino de óleo lubrificante pelo processo ácido- argila com cloreto férrico". Revista Engenharia Sanitária e Ambiental, v.4, pp.76-83,1999.

SECRETARIA DE ESTADO DA SAÚDE E DO MEIO AMBIENTE DO RIO GRANDE DO SUL. Norma Técnica SSMA nº 01/89, de 16 de março de 1989. Determina critérios e padrões de emissão de efluentes líquidos.

SECRON, Marcelo B. Avaliação de sistemas separadores água e óleo do tratamento de efluentes de lavagem, abastecimento e manutenção de veículos automotores. Dissertação de M.Sc. UERJ, Rio de Janeiro, RJ, Brasil, 2006.

SPERLING, Marcos V. Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos. Editora da UFMG, v.1, 1996. 243p.

RUNGE, Peter R. F. Lubrificação automotiva. Trihoconcept editora técnica, 1994.

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS. “Elaborado pela Unicamp processo de reciclagem de água usada em lavagem de carros”. Revista Eletrônica Ciência Hoje. Disponível em: [http://unicamp\\_hoje/ju/junho2003/ju216pg9b.html](http://unicamp_hoje/ju/junho2003/ju216pg9b.html). Acessado em: 13 de out. de 2004.

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA. INSTITUTO DE QUÍMICA. Aula sobre surfactantes e micelas. Disponível em: <http://www.qmc.ufsc.br/qmcweb/exemplar24.html>. Acessado em: 13 de out. de 2004.

USEPA. UNITED STATES ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY. Oil/Water Separators – Best environmental practices for auto repair and fleet maintenance, 1999. 2p.

ZEPPINI COMERCIAL LTDA. Separadores Água e Óleo ZP 2000, Manual de instalação, operação e manutenção. 2004, 6p.



## SÉRIES CETEM

As Séries Monográficas do CETEM são o principal material de divulgação da produção científica realizada no Centro. Até o final do ano de 2010, já foram publicados, eletronicamente e/ou impressos em papel, cerca de 200 títulos, distribuídos entre as seis séries atualmente em circulação: Rochas e Minerais Industriais (SRMI), Tecnologia Mineral (STM), Tecnologia Ambiental (STA), Estudos e Documentos (SED), Gestão e Planejamento Ambiental (SGPA) e Inovação e Qualidade (SIQ). A Série Iniciação Científica consiste numa publicação eletrônica anual.

A lista das publicações poderá ser consultada em nossa homepage. As obras estão disponíveis em texto completo para download. Visite-nos em <http://www.cetem.gov.br/series>.

### Últimos números da Série Gestão e Planejamento Ambiental

**SGPA-11 - Avaliação dos impactos ambientais - estudo de caso.** Jaqueline de Oliveira Abi-Chahin, Josimar Ribeiro de Almeida e Gustavo Aveiro Lins, 2008.

**SGPA-10 - Impactos ambientais na bacia hidrográfica de Guapi/Macacu e suas consequências para o abastecimento de água nos municípios do leste da Baía de Guanabara.** José Roberto da Costa Dantas, Josimar Ribeiro de Almeida e Gustavo Aveiro, 2007.

**SGPA-09 - Análise de risco aplicada à gestão de rejeitos: uma revisão aplicada aos depósitos de rejeitos radioativos próximos à superfície.** Laís Alencar de Aguiar, Paulo Sérgio Moreira Soares, Paulo Fernando Ferreira Frutuoso e Melo e Antonio Carlos Marques Alvim, 2007.

## **INFORMAÇÕES GERAIS**

CETEM – Centro de Tecnologia Mineral  
Avenida Pedro Calmon, 900 – Cidade Universitária  
21941-908 – Rio de Janeiro – RJ  
Geral: (21) 3867-7222  
Biblioteca: (21) 3865-7218 ou 3865-7233  
Telefax: (21) 2260-2837  
E-mail: [biblioteca@cetem.gov.br](mailto:biblioteca@cetem.gov.br)  
Homepage: <http://www.cetem.gov.br>

## **NOVAS PUBLICAÇÕES**

Se você se interessar por um número maior de exemplares ou outro título de uma das nossas publicações, entre em contato com a nossa biblioteca no endereço acima.

Solicita-se permuta.

We ask for interchange.