

**UNIJUÍ – UNIVERSIDADE REGIONAL DO NOROESTE DO ESTADO DO  
RIO GRANDE DO SUL**

**DCEEng – DEPARTAMENTO DE CIÊNCIAS EXATAS E ENGENHARIAS**

**CURSO DE ENGENHARIA MECÂNICA – CAMPUS PANAMBI**

**FERNANDO PUDELL BOHN**

**TRATAMENTO DO EFLUENTE GERADO NA  
LAVAGEM DE VEÍCULOS**

**Panambi – RS**

**2014**

**FERNANDO PUDELL BOHN**

**TRATAMENTO DO EFLUENTE GERADO NA  
LAVAGEM DE VEÍCULOS**

Relatório de Trabalho de Conclusão de Curso (TCC), para a obtenção do título de Engenheiro Mecânico pela UNIJUÍ – Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul.

**Panambi – RS**

**2014**

**FERNANDO PUDELL BOHN**

**TRATAMENTO DO EFLUENTE GERADO NA  
LAVAGEM DE VEÍCULOS**

Relatório de Trabalho de Conclusão de Curso (TCC), para a obtenção do título de Engenheiro Mecânico pela UNIJUÍ – Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul.

---

Prof. Dr. Gil Guimarães

---

Profª Mª Patrícia C. Pedrali

**Panambi – RS**

**2014**

## RESUMO

Este estudo iniciou-se com a pesquisa de dados presentes na literatura técnica Ambiental, com o levantamento de trabalhos desenvolvidos no meio acadêmico e em entidades ambientais, que fundamentassem, de uma forma geral. A partir da definição dos objetivos podemos ter como metodologia deste trabalho procurar uma técnica de projeto e definição de um sistema para o tratamento de efluente gerado em uma lavagem, passando por um tratamento prévio até a separação total dos elementos. Em relação à utilização deste sistema, o objetivo básico é implantação para junto aos órgãos responsáveis obter o alvará de funcionamento de uma empresa de prestação de serviços mecânicos em automóveis leves. Foi realizada uma coleta do efluente automotivo na concessionária, tomando como base as condições locais. De uma forma global, foram verificadas as atividades geradoras de efluente; o consumo de água; a tipologia e o quantitativo de utilização de solventes e detergentes; o quantitativo de veículos envolvidos e os aspectos relacionados aos separadores água e óleo.

**Palavras-chaves:** separação de água e óleo; lavagem automotiva; resíduos automotivos.

## **ABSTRACT**

This study began with the survey data present in Environmental technical literature, with survey work in the academic community and environmental organizations, to substantiate, in general. From the definition of the goals we have as study methodology seek a design technique and definition of a system for treating wastewater generated in a wash, undergoing a pretreatment to a complete separation of the elements. Regarding the use of this system, the basic goal is to roll to the organs responsible to obtain the business license of a company providing mechanical services on light cars. A collect effluent in the automotive dealership was performed, based on local conditions. Holistically, the effluent generating activities were observe; water consumption; the type and quantity of use of solvents and detergents; the quantity of vehicles involved and the aspects related to water and oil separators.

**Keywords:** separation of water and oil; automotive washing; automotive waste.

## SIMBOLOGIA

ABES – Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental  
ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas  
AIA – Avaliação de Impacto Ambiental  
ANP – Agência Nacional de Petróleo  
APA – Área de Proteção Ambiental  
API – American Petroleum Institute  
ASTM – American Society for Testing and Materials  
CONAMA – Conselho Nacional de Meio Ambiente  
DQO – Demanda química do oxigênio  
ETE – Estação de Tratamento de Esgotos  
FEEMA – Fundação Estadual de Engenharia de Meio Ambiente (Estado do Rio de Janeiro)  
g – Aceleração da gravidade  
MBAS – Methylene Blue Active Substances  
mL – Mililitro  
mL/L – Mililitro por Litro  
MS – Materiais sedimentáveis  
OD – Oxigênio Dissolvido  
OG – Óleos e Graxas  
pH – Potencial de hidrogênio  
r – Raio da partícula  
RNFT – Resíduos não filtráveis totais  
SAO – Separador Água-óleo  
SE – Solúveis em Éter  
SEMAPE – Secretaria de Meio Ambiente e Projetos Especiais do Município de Duque de Caxias – RJ  
SST – Sólidos em suspensão totais  
TECMA – Tecnologia em Meio Ambiente Ltda  
Vt – Velocidade de ascensão ou sedimentação  
 $\mu$  – Viscosidade absoluta do meio  
 $\rho_1$  – Densidade da partícula  
 $\rho_2$  – Densidade do meio

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Padrões de lançamento de óleo em diferentes Estados .....	13
Tabela 2: Limite de concentração máxima de surfactantes de acordo com a Resolução CONAMA 357/2005.....	13
Tabela 3: Limites de lançamento de surfactantes para diferentes Estados brasileiros.....	13
Tabela 4: Limites de lançamento de DQO para diferentes Estados brasileiros.....	14
Tabela 5: Limites de lançamento de sólidos em suspensão para diferentes Estados brasileiros .....	15
Tabela 6: Limites de lançamento de pH para diferentes Estados brasileiros .....	15
Tabela 7: Vazão e capacidade para diferentes processos de lavagem de veículos ..	18
Tabela 8: Exemplifica esses poluentes e suas fontes .....	20
Tabela 9: Sequência do procedimento de lavagem veicular .....	35
Tabela 10: Produtos aplicados no processo de limpeza veicular .....	36
Tabela 11: Limites de lançamento permitidos no Estado do Rio Grande do Sul.....	40
Tabela 12: Parâmetros avaliados e resultados obtidos no ponto de coleta .....	40

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Lavagem tipo túnel .....	17
Figura 2: Lavagem tipo manual .....	17
Figura 3: Lavagem tipo “rollover” .....	17
Figura 4: Separador <i>spill control</i> .....	24
Figura 5: Sistema <i>coalescing plate</i> .....	24
Figura 6: Separador API.....	25
Figura 7: Concessionária de veículos .....	29
Figura 8: Área da oficina .....	29
Figura 9: Tanque de lavagem de peças .....	30
Figura 10: Coletor de efluentes gerado na oficina.....	30
Figura 11: Diagrama da lavagem .....	31
Figura 12: Área de lavagem de veículos .....	31
Figura 13: Caixa de areia antes do sistema separador água e óleo .....	32
Figura 14: Sistema separador água e óleo optado pela empresa .....	32
Figura 15: Jateamento com uso de água pressurizada na carroceria, .....	33
antes do uso dos produtos de limpeza .....	33
Figura 16: Lavagem com pulverização de detergente.....	33
automotivo diluído em água .....	33
Figura 17: Lavagem com pulverização de desengraxante .....	33
diluído com água .....	33
Figura 18: Jateamento de água pressurizada para remoção .....	34
do detergente e desengraxante.....	34
Figura 19: Aplicação de shampoo automotivo com remoção de sujeiras.....	34
da carroceria com uso de esponja .....	34
Figura 20: Jateamento com uso de água pressurizada na carroceria.....	35
para remoção do shampoo.....	35
Figura 21: Amostras coletadas.....	37

## SUMÁRIO

INTRODUÇÃO .....	9
1 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....	11
1.1 LIMITES DE LANÇAMENTO PARA ÓLEO .....	12
1.2 LIMITES DE LANÇAMENTO PARA SURFACTANTES .....	13
1.3 LIMITES DE LANÇAMENTO PARA DQO.....	13
1.4 LIMITES DE LANÇAMENTO PARA OS SÓLIDOS EM SUSPENSÃO E MATERIAL SEDIMENTÁVEL.....	14
1.5 LIMITES PARA LANÇAMENTO DE pH .....	15
2 MATERIAIS E MÉTODOS.....	16
2.1 DESCRIÇÃO DOS TIPOS DE LAVAGEM DE VEÍCULOS .....	16
2.1.1 Benefícios e Problemas da Reciclagem de Efluentes de Lavagem de Veículos .....	18
2.1.2 Efluentes Líquidos Gerados pela Lavagem de Veículos e Atividades Automotivas.....	19
2.2 OS SISTEMAS SEPARADORES ÁGUA-ÓLEO E TECNOLOGIAS APLICADAS .....	20
2.2.1 Mistura Água-Óleo .....	20
2.2.2 Características Gerais e Tipos de Separadores de Água e Óleo .....	22
2.2.3 Separadores Convencionais .....	25
2.2.4 Separadores de Placas Coalescentes .....	26
2.2.5 Separadores Modelo API .....	27
3 CONCESSIONÁRIA.....	29
4 RESULTADOS .....	37
4.1 RESULTADO DA AMOSTRAGEM.....	40
4.1.1 Discussão sobre os Parâmetros Avaliados .....	40
4.1.1.1 Detergentes (MBAS) .....	40
4.1.1.2 DQO (Demanda Química de Oxigênio) .....	41
4.1.1.3 Óleos e Graxas .....	42
4.1.1.4 Sólidos em Suspensão (RNFT) e Materiais Sedimentáveis .....	42
4.1.1.5 pH.....	43
CONCLUSÃO.....	44
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	46

## INTRODUÇÃO

O descarte de efluentes industriais e urbanos sem tratamento vem comprometendo a qualidade dos mananciais dos grandes centros. Em algumas regiões no Brasil o tratamento de esgoto sanitário já se faz presente, porém ainda em processo de implantação, não atendendo à grande maioria da população.

Neste propósito (KEMERICH, 2007) argumenta que a falta de um gerenciamento adequado de resíduos, especialmente por parte das empresas, é um problema ambiental extremamente grave em virtude dos diferentes compostos químicos oriundos deste meio.

Por muito tempo, as práticas de manuseio consistiam apenas em lançar os resíduos o mais longe possível da fonte geradora sem preocupar-se com os efeitos decorrentes dessa ação. A partir do despertar para a necessidade de um desenvolvimento mais sustentável, que conduziu as regulamentações cada vez mais exigentes, as empresas foram levadas a tomar medidas para controlar a poluição ambiental.

Existem projetos de reuso de esgoto sanitário em diversas áreas como agricultura, irrigação, indústria, recarga do aquífero subterrâneo e outros. Quanto à reciclagem da água, a sua ocorrência é mais comum em nível industrial. No entanto, podem ser encontrados vários projetos sem outros tipos de instalações, como no interior de edifícios (ANDERSON, 1996), em fazendas (WILLERS; KARAMANLIS; SCHULTE, 1999) e em lavagem de veículos (PRIOR, 2000).

Uma das formas de reuso de água que vem ganhando destaque em muitos países é a destinada à lavagem de veículos. Não se pode negar que milhares de litros de água potável são desperdiçados nesta prática atualmente. Nos Estados Unidos, Japão e alguns países da Europa, já existem legislação própria para o

assunto, regulamentando a instalação dos sistemas de lavagem de veículos, de pequeno ou grande porte, obrigando à instalação de dispositivos de tratamento dos efluentes proveniente destes processos e solicitando a implantação de equipamentos que promovam a recirculação da água utilizada (LEITÃO, 1999).

Este estudo tem como objetivo a avaliação e aplicação de sistemas separadores de água e óleo, utilizados em atividades automotivas, visando à consolidação de dados e procedimentos para auxiliar o estabelecimento 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.

## 1 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

No Brasil, a legislação que estabelece os padrões ambientais permitidos para o lançamento de efluentes oleosos é a Resolução CONAMA nº 357, de 17 de março de 2005, que substituiu recentemente a Resolução CONAMA nº 20, de 18 de junho de 1986, que regulamentava esses 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; GUSMÃO, 2003). Nem todos os parâmetros de lançamento são estabelecidos pela Resolução CONAMA nº 357/2005, no qual 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 nº 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; 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 controle da poluição dos efluentes oleosos gerados nas atividades automotivas.

Como exemplo, 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).

### 1.1 LIMITES DE LANÇAMENTO PARA ÓLEO

A Resolução nº 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 1, encontram-se exemplificados os parâmetros adotados para óleos minerais, vegetais e animais em alguns estados do país.

**Tabela 1: 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 nº 10/86
Rio Grande do Sul	10 mg/L (óleo mineral), 30 mg/L (óleo vegetal, animal)	Portaria 01/89 SSMA

Fonte: CONAMA.

## 1.2 LIMITES DE LANÇAMENTO PARA 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 2.

**Tabela 2: Limite de concentração máxima de surfactantes de acordo com a Resolução CONAMA 357/2005**

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

Fonte: CONAMA.

O limite de lançamento de surfactantes é determinado por legislações estaduais, através de seus órgãos de controle ambiental, representado na Tabela 3.

**Tabela 3: 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

Fonte: CONAMA.

## 1.3 LIMITES DE LANÇAMENTO PARA DEMANDA QUÍMICA DE OXIGÊNIO (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 4, encontram-se exemplificados os limites de lançamento de DQO adotados em alguns estados brasileiros.

**Tabela 4: Limites de lançamento de DQO para diferentes Estados brasileiros**

<b>Estado</b>	<b>Valor de lançamento</b>	<b>Referência</b>
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	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

Fonte: CONAMA.

#### 1.4 LIMITES DE LANÇAMENTO PARA OS 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 seja 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 na legislação ambiental de alguns estados. A Resolução CONAMA nº 357/2005 não estabelece limites para este parâmetro.

A Tabela 5 relaciona alguns limites de lançamento para diferentes estados brasileiros.

**Tabela 5: Limites de lançamento de sólidos em suspensão para diferentes Estados brasileiros**

<b>Estado</b>	<b>Valor de lançamento</b>	<b>Referência</b>
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 limite 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

Fonte: CONAMA.

### 1.5 LIMITES PARA LANÇAMENTO DE 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 6 são exemplificados os limites empregados em alguns estados.

**Tabela 6: Limites de lançamento de pH para diferentes Estados brasileiros**

<b>Estado</b>	<b>Valores de lançamento</b>	<b>Referência</b>
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

Fonte: CONAMA.

## 2 MATERIAIS E MÉTODOS

### 2.1 DESCRIÇÃO DOS TIPOS DE LAVAGEM DE VEÍCULOS

A indústria de lavagem de veículos inclui diferentes tipos e operações, cada uma com necessidades e características próprias. Variam quanto ao volume de água utilizado, carga de contaminantes e substâncias químicas nos processos de lavagem. São divididos em três tipos:

- **túnel:** o veículo segue pelo do interior do equipamento em formato de túnel, passando por áreas de lavagem, enxágue enceramento e secagem, respectivamente. Dentro da área de lavagem, o detergente diluído em água é aplicado e a sujeira é mecanicamente removida por escovas e/ou jatos de alta pressão. A seguir, o automóvel é enxaguado com água limpa. Finalmente, a secagem é realizada com jatos de ar. O efluente é coletado em uma vala localizada abaixo do túnel. Em alguns sistemas, a água de lavagem e de enxágue é mantida separada por uma pequena barreira construída na vala. Nos Estados Unidos, este é o tipo mais comum, onde grande parte dos estabelecimentos recicla a água de lavagem e de enxágue. No Brasil, diferentemente do túnel americano, normalmente não ocorrem o enceramento e a secagem. A Figura 2.1 ilustra a lavagem de veículos do tipo “Túnel” com jatos de alta pressão;
- **exterior “rollover”:** esse sistema está se tornando bastante popular. As duchas são sistemas automatizados, em que você dirige seu automóvel por uma entrada e quando chega à posição correta, um sinal o informa para parar. A partir desse ponto, os equipamentos do lava-rápido se movem sobre seu veículo através de trilhos, executando funções específicas, como aplicar sabão ou enxaguar, mas sem enxugar. Esses sistemas são muito comuns em postos de gasolina, onde se oferecem descontos quando se enche o tanque;
- **lavagem a jato manual:** lava-se o veículo utilizando uma mangueira com jatos de alta pressão de ar e água; ar, sabão e água são alternados. Em alguns casos a água é coletada numa vala. Este processo é muito comum no Brasil, sendo utilizados os polêmicos detergentes automotivos Metacil e solopan. É muito comum no Brasil.

**Figura 1: Lavagem tipo túnel**



Fonte: (Google, 2014)

**Figura 2: Lavagem tipo manual**



Fonte: (Google, 2014)

**Figura 3: Lavagem tipo "rollover"**



Fonte: (Google, 2014)

Os três tipos de lavagem são comparados na tabela 7.

**Tabela 7: Vazão e capacidade para diferentes processos de lavagem de veículos**

<b>Tipo</b>	<b>Capacidade (veículos/dia)</b>	<b>Volume médio (L/veículo)</b>	<b>Descarga (m<sup>3</sup>/dia)</b>	<b>Perdas (L/veículo) (evaporação e outras)</b>
Túnel média	100-600 média: 250	262	75,7	7-30
“Rollover”	10-150 média: 75	112-168	11,4	7-30
Lavagem a jato manual	40-96 média: 64	*	19,9	*

\*Estes valores são variáveis. Este sistema suporta um número de 5 a 12 carros por hora. Como o sistema não é automático depende da maneira como cada pessoa vai utilizá-lo. Normalmente se gasta-se cerca de 75 l por ciclo de lavagem. A vazão vai depender de quantos ciclos serão efetuados por carro. Normalmente é apenas um. As perdas variam muito, pois ao ser operada manualmente, a água espirra, pois o operador pode apontar a mangueira para todas as direções. As perdas são superiores aos outros sistemas.

Fonte: USEPA (1980).

### **2.1.1 Benefícios e Problemas da Reciclagem de Efluentes de Lavagem de Veículos**

De acordo com (TEXEIRA, 2003), o sistema de tratamento a ser implantado para viabilizar a reutilização da água de lavagem de carros deve atender às seguintes premissas:

- eliminar os riscos à saúde dos usuários e operadores;
- evitar danos aos veículos;
- minimizar a necessidade de diluição dos efluentes tratados; e
- minimizar, seu lançamento na rede de esgotos, em águas superficiais ou em fossas.

Logo, advirão os seguintes benefícios:

- minimização da descarga nos corpos receptores;
- diminuição da carga de poluentes tóxicos na rede de esgotos;
- economia de água.

Segundo (TEXEIRA, 2003), principais problemas a serem enfrentados no desenvolvimento de tecnologias para a reciclagem de água de lavagem de veículos são:

- **área ocupada:** sua concepção deve ser compacta, pois, provavelmente, será instalado num local onde já funciona um equipamento de lavagem, sem previsão de espaço para a inclusão do equipamento;
- **geração de odores:** deve contemplar a necessidade de controle de odores gerados pela proliferação de microrganismos nas águas armazenadas para a reciclagem;
- **geração de lodo:** a maioria dos sistemas de tratamento de efluentes gera resíduos e estes deverão ter seu volume minimizado e disposição final adequada;
- **custo de implantação:** deve ser o menor possível, de forma que possa ser competitivo com o custo da água, recuperando-se o investimento em curto prazo;
- **operação e manutenção:** a simplicidade, neste aspecto, é um fator limitante na escolha da tecnologia. Sistemas mais complexos tornam-se inviáveis tanto economicamente, como operacionalmente para os proprietários de postos de combustíveis ou lava-rápidos;
- **concentração de sólidos dissolvidos:** à medida que a água recircula pelo sistema de lavagem, alguns poluentes podem se concentrar, por não serem totalmente removidos no tratamento;
- **necessidade de diluição:** como há aumento na concentração de certos poluentes, a diluição torna-se necessária para manter a qualidade necessária da água a ser reciclada. Pode ser realizada com água potável ou água da chuva.

### **2.1.2 Efluentes Líquidos Gerados pela Lavagem de Veículos e Atividades Automotivas**

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

Outro aspecto ambiental importante das atividades automotivas é a geração de resíduos, especialmente os resíduos oleosos. Os vazamentos e os descartes irregulares provocam danos ao meio ambiente (SEMAPE, 2004).

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.

Os principais poluentes envolvidos na lavagem automotiva são os óleos e graxas, partículas e sólidos e os produtos coadjuvantes, diretamente, sua origem nos veículos, esses são os mais tóxicos e potencialmente prejudiciais à vida aquática. Assim, estão aqui incluídos derivados de petróleo, graxas, parafinas, asbestos e metais pesados.

O efluente gerado por atividades de limpeza de automóveis pode conter quantidades significativas de óleos e graxas, sólidos em suspensão, metais pesados, surfactantes e substâncias orgânicas (TEIXEIRA, 2003).

**Tabela 8: Exemplifica esses poluentes e suas fontes**

<b>Poluente</b>	<b>Fonte</b>
Asbesto	Embreagem, freio
Cobre	Mancais, freio
Cromo	Galvanizado, anéis, freio
Chumbo	Óleo do motor, mancais
Níquel	Freio
Zinco	Óleo do motor, pneus
Fosforo	Aditivos para óleo do motor
Graxas	Combustível, óleo lubrificante, fluídos de sistemas hidráulicos
Borrachas	Pneus

Fonte: (MENEZES, 2004).

## 2.2 OS SISTEMAS SEPARADORES ÁGUA-ÓLEO E TECNOLOGIAS APLICADAS

### 2.2.1 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; LE MAY Jr.; BURSTEN, 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; LE MAY Jr.; BURSTEN, 1997).

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; MORITA, 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, mecânica ou quimicamente e, então, separadas da fase oleosa. Entretanto, as emulsões estáveis, requerem um tratamento mais sofisticado para atender a legislação ambiental vigente (SAWAMURA; MORITA, 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 OF ENVIRONMENTAL QUALITY, 1996);
- d) óleo dissolvido:** são as gotículas de óleo com diâmetros inferiores a 0,01 micrômetro, que solubilizam-se na água (ARIZONA DEPARTMENT OF ENVIRONMENTAL QUALITY, 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 OF ENVIRONMENTAL QUALITY, 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; LE MAY Jr.; BURSTEN, 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; LE MAY Jr.; BURSTEN, 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; LE MAY Jr.; BURSTEN, 1997), cujo fenômeno deu origem à concepção de dispositivos físicos de tratamento de águas oleosas, denominados separadores água e óleo.

### **2.2.2 Características Gerais e Tipos de Separadores de Água e Óleo**

Separadores água-óleo ou simplesmente os SAO, são usados para receber efluentes e águas contaminadas com óleos e graxas de áreas de manutenção, lavagem de veículos, máquinas em oficinas mecânicas, etc.. Os separadores água-óleo empregam métodos físicos e trabalham por densidade, usando a tendência de o óleo flutuar na água. Uma gota de óleo com 100 micra (0,1 mm) sobe na água a uma velocidade de 1,5 cm/min, entretanto, uma gota de 20 micra, demora 2 horas para percorrer a mesma distância. Para evitar que gotas menores sejam arrastadas pelo fluxo sem tratamento, se usam recheios coalescentes que capturam as gotas e as agregam em gotas maiores com maior velocidade de ascensão. Usam-se, para este efeito materiais óleo-fílicos tipo pratos inclinados corrugados e outros recheios às quais as gotinhas de óleo aderem quanto a água contaminada passa.

Caixas retentoras de óleo (separadores água-óleo) podem receber grande quantidade de areia e outros materiais inertes, é conveniente a desarenação como tratamento preliminar da água. Águas residuárias ou efluentes, provenientes de indústria petroquímica, que trabalham com separadores água-óleo de alto rendimento com tempo mínimo de detenção hidráulica de 10 minutos. O dimensionamento de um separador água-óleo levará em conta, a qualidade da água efluente requerida, a vazão do efluente, a quantidade ou concentração de óleo no efluente, a densidade específica dos produtos e a necessidade e quantidade de estocagem do óleo retido. O separador água-óleo pode ser usado em aeroportos, instalações para lavagem e manutenção de veículos, ferrovias, estacionamentos e áreas de circulação intensa de veículos, áreas de manuseio e armazenamento de petróleo e similares.

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

A lei de Stokes evidencia a taxa de separação. Os principais fatores que afetam a taxa de separação são (FEEMA/COPPETEC, 2003):

- o tamanho da gota de óleo;
- a densidade do óleo;
- temperatura do óleo;
- vazão;
- turbulência;
- tamanho das partículas óleo/contaminantes.

$$V_t = \frac{2}{9} \frac{g r^2 (\rho_1 - \rho_2)}{\mu} \quad (5.1)$$

9μ

Onde,

$V_t$  = velocidade de ascensão ou sedimentação da partícula – cm/s

$g$  = aceleração da gravidade – cm/s<sup>2</sup>;

$r$  = raio da partícula – cm;

$\rho_1$  = densidade da partícula – g/cm<sup>3</sup>;

$\rho_2$  = densidade do meio – g/cm<sup>3</sup>;

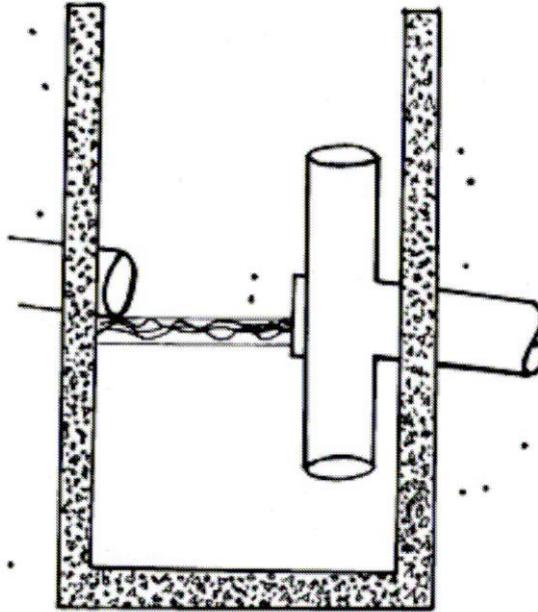
$\mu$  = viscosidade absoluta do meio – s/cm<sup>2</sup>.

As caixas e a canalização deverão apresentar dimensões suficientes para permitir a vazão da mistura óleo e água, sem provocar transbordamentos.

Os tipos básicos de projetos de separadores água e óleo são listados abaixo (ARIZONA DEPARTMENT OF ENVIRONMENTAL QUALITY, 1996):

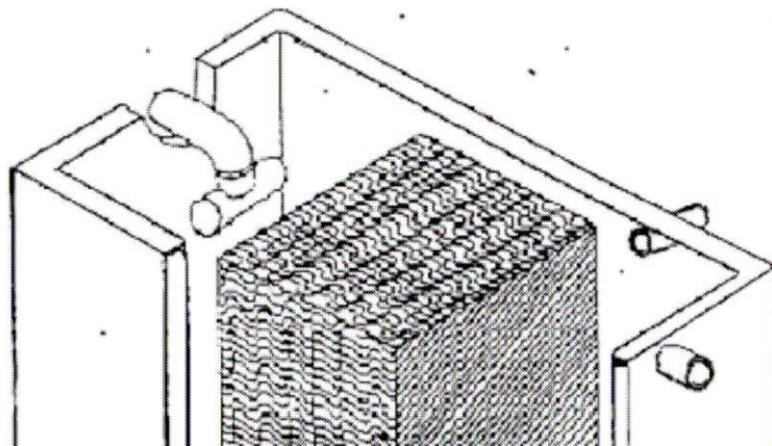
1. separador convencional ou *spill control* (Figura 4);
2. separador de placas coalescentes ou *coalescing plate* (CP) (Figura 5);
3. separador API ou *American Petroleum Institute Separator* (Figura 6);

**Figura 4: Separador *spill control***



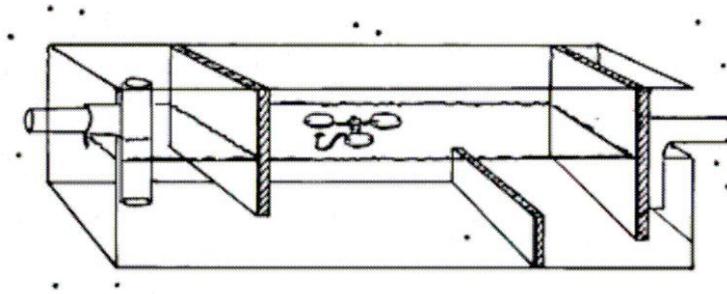
Fonte: Mississippi State University (1993).

**Figura 5: Sistema *coalescing plate***



Fonte: Mississippi State University (1993).

**Figura 6: Separador API**



Fonte: Mississippi State University (1993).

### **2.2.3 Separadores Convencionais**

Nas atividades automotivas em operação no país, a utilização dos separadores convencionais, em unidades feitas em concreto, ocorre com muito mais frequência em relação aos demais sistemas de separação e 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).

No estado do Rio de Janeiro, o modelo FEEMA é largamente empregado, inclusive, citado como referência para uso nas atividades automotivas, através de diplomas legais. A legislação municipal da cidade do Rio de Janeiro, através da Lei Municipal 2.482 de 04/10/96, adota este sistema como referência para as atividades automotivas (FEEMA/COPPETEC, 2003).

O modelo FEEMA, adotado nesta dissertação como um referencial de estudo para os sistemas convencionais típicos encontrados nas atividades automotivas, é composto em linhas gerais das seguintes etapas:

#### **I - Caixa de Areia**

O sistema de pré-tratamento, composto de gradeamento e caixa de sedimentação de areia, deverá ser instalado dentro do box de lavagem, ou área de geração dos efluentes, sendo o entorno da área de lavagem provida de canaletas (providas com grelhas), segregando as águas servidas das pluviais, ao mesmo tempo em que retêm sólidos grosseiros e materiais sedimentáveis (areia), provenientes dos chassis, rodas dos veículos e lavagem de piso. Os efluentes são destinados à caixa separadora de óleo A (FEEMA/COPPETEC, 2003).

## **II - Caixa Separadora de Óleo A**

A caixa separadora de óleo A tem a função de reduzir a velocidade do fluxo e reter a maior parte do óleo livre proveniente da área de geração de efluentes, além de pequena parcela de óleo emulsionado, especialmente as emulsões instáveis. O efluente final é drenado para a caixa separadora de óleo B por gravidade (FEEMA/COPPETEC, 2003).

## **III - Caixa Separadora de Óleo B**

A caixa separadora de óleo B tem a mesma função da caixa A, porém apresenta o objetivo de aumentar a eficiência do sistema, através do recebimento do efluente oriundo do pré-tratamento realizado pela caixa A. O efluente final é encaminhado para a galeria de águas pluviais, rede de esgoto ou lançado diretamente em um corpo hídrico, desde que sejam atendidos os padrões de lançamento estabelecidos. O óleo livre separado é retirado periodicamente, impedindo que o mesmo venha a se emulsionar novamente (FEEMA/COPPETEC, 2003).

### **2.2.4 Separadores de Placas Coalescentes**

O diferencial deste tipo de separador em relação a outros modelos é a presença da placa coalescente. Esta técnica utiliza um meio coalescente oleofílico, isto é, facilidade em reter ou aderir ao óleo. 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 aumentando o tempo de retenção, estes se separam da água nas placas.

Os separadores de placas coalescentes são utilizados em atividades onde o fluxo de óleo é mais intenso, assim como a frequência de vazamentos.

O separador água e óleo (SAO) é um tipo de equipamento aplicável para a remoção de óleo em estado livre. O princípio de funcionamento é baseado na separação da fase oleosa e aquosa em virtude da diferença de densidade existente entre elas. As misturas consistem em combinações de duas ou mais substâncias na sua forma pura, sem que haja reação química entre elas.

A utilização do SAO ocorre em estabelecimentos industriais ou comerciais que apresentam efluentes com características oleosas, como, 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.

### **2.2.5 Separadores Modelo API**

Os separadores API, ou American Petroleum Institute, têm a aparência de um longo tanque séptico com placas paralelas instaladas em distanciamento estabelecido. A sua eficiência está vinculada ao seu desenvolvimento longitudinal. Do mesmo modo que os separadores convencionais, os separadores API possuem um sistema de sifonamento na saída e entrada do separador.

As placas instaladas, assim como nos separadores de placas coalescentes, possuem o objetivo de promover uma barreira ao escoamento do óleo, e assim fornecer um contato maior para a coalescência das frações emulsionadas (ARIZONA DEPARTMENT OF ENVIRONMENTAL QUALITY, 1996).

Neste tipo de separador, a teoria de separação água-óleo está baseada na taxa de ascensão das gotas de óleo (velocidade vertical), e sua relação com a taxa de carga hidráulica superficial (velocidade horizontal). A taxa de ascensão é a velocidade com que as partículas de óleo se movem para a superfície do separador, como resultado da diferença de densidade entre o óleo e a fase aquosa do efluente. A taxa de carga superficial é a relação da vazão e a área da seção reta do separador. A mistura água-óleo, ao entrar no equipamento, geralmente passa por um regulador de fluxo que distribui de forma homogênea o efluente na câmara de separação, onde ocorre a separação de óleo e das partículas presentes na fase aquosa por ação da aceleração da gravidade (ARIZONA DEPARTMENT OF ENVIRONMENTAL QUALITY, 1996).

Os separadores API, também chamados de modelos convencionais do tipo API, apresentam-se basicamente em duas formas (ARIZONA DEPARTMENT OF ENVIRONMENTAL QUALITY, 1996):

- câmara em série;
- canais em paralelo.

Os modelos tipo canais paralelos são operados alternadamente, sendo um reserva do outro, o que oferece segurança ao sistema de tratamento, não necessitando paralisação total para manutenção de rotina (ARIZONA DEPARTMENT OF ENVIRONMENTAL QUALITY, 1996).

Os separadores API não removem gotículas com diâmetros inferiores a 150  $\mu\text{m}$  e apresentam menores eficiências que os sistemas de placas coalescentes (ARIZONA DEPARTMENT OF ENVIRONMENTAL QUALITY, 1996).

### 3 CONCESSIONÁRIA

O projeto a ser avaliado, trata-se de uma Concessionária de Veículos que trabalha com venda de veículos novos e seminovos de sua marca figura 7. A concessionária também presta serviços de manutenção, reparo e conservação para seus clientes, possuindo em suas instalações, oficina e lavagem de veículos.

**Figura 7: Concessionária de veículos**



Fonte: O autor.

Os trabalhos de estudo focaram a área de oficina figura 8 e área de lavagem. Na área da oficina o piso é impermeável, onde possíveis vazamentos na área de trabalho são removidos com estopas e terá utilização de água apenas na manutenção semanal de lavagem do piso.

**Figura 8: Área da oficina**



Fonte: O autor.

Serviços de limpeza de peças da empresa o serão sempre realizados em área separada, onde os solventes e desengraxantes utilizados para tal finalidade são recolhidos em uma pia que succiona o efluente.

**Figura 9: Tanque de lavagem de peças**



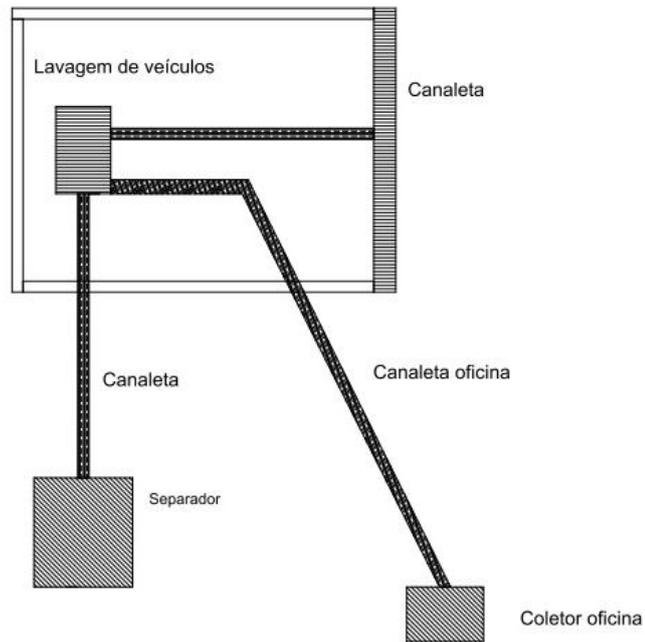
Fonte: O autor.

Na área da lavagem, demonstrada no diagrama esquemático da figura 11 pode-se perceber os pontos de coleta de efluentes encaminhados até a caixa separadora. O primeiro coletor este situado na área da oficina conforme figura 10, o segundo coletor este localizado no centro do Box de lavagem conforme figura 12. Conforme observamos no plano o coletor da oficina esta interligado ao coletor da lavagem, após junção ambos passam a caixa separadora.

**Figura 10: Coletor de efluentes gerado na oficina**



Fonte: O autor.

**Figura 11: Diagrama da lavagem**

Fonte: O autor.

**Figura 12: Área de lavagem de veículos**

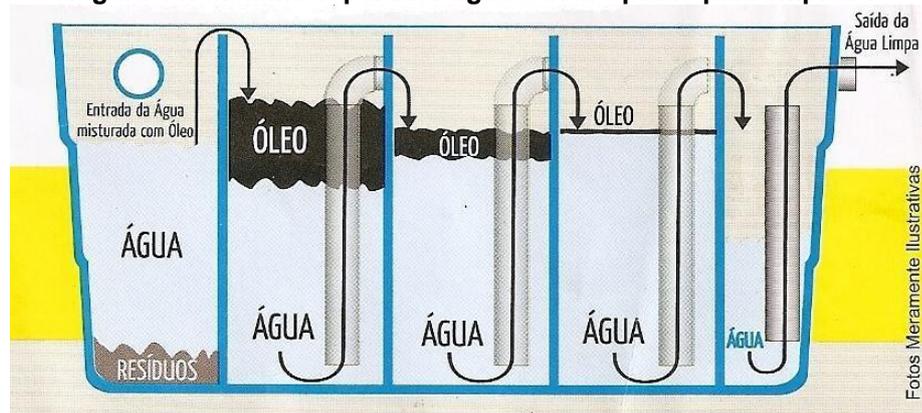
Fonte: O autor.

**Figura 13: Caixa de areia antes do sistema separador água e óleo**



Fonte: O autor.

**Figura 14: Sistema separador água e óleo optado pela empresa**



Fonte: (Google, 2014).

O sistema optado pela empresa figura 14 foi o sistema de separação convencional, que consiste num sistema formado por várias câmaras tendo por finalidade separar óleos e impurezas da água. A concepção básica de um separador de água/óleo é um tanque simples que reduz a velocidade do efluente oleoso passando da velocidade turbilhonar para a velocidade laminar, de forma a permitir que a gravidade separe óleo de água. Como o óleo tem uma densidade menor que a da água, ele flutua naturalmente, se tiver tempo, para então se separar fisicamente. Portanto, a eficiência da separação depende do tempo de residência na câmara de separação.

A lavagem de veículos apresenta uma rotatividade média de 15 veículos por dia, operando de segunda a sábado. O procedimento de lavagem é realizado de

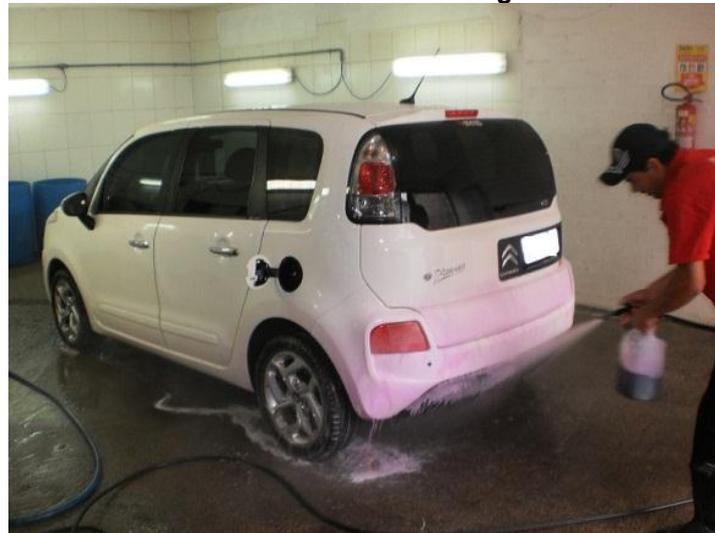
acordo com o roteiro abaixo, incluindo seus aspectos gerais, apresentado nas Figuras 15, 16, 17, 18, 19, 20.

**Figura 15: Jateamento com uso de água pressurizada na carroceria, antes do uso dos produtos de limpeza**



Fonte: O autor.

**Figura 16: Lavagem com pulverização de detergente automotivo diluído em água**



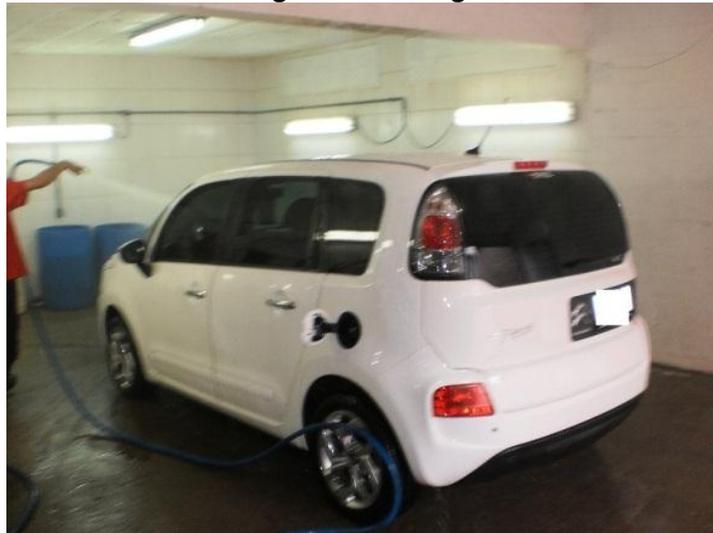
Fonte: O autor.

**Figura 17: Lavagem com pulverização de desengraxante diluído com água**



Fonte: O autor.

**Figura 18: Jateamento de água pressurizada para remoção do detergente e desengraxante**



Fonte: O autor.

**Figura 19: Aplicação de shampoo automotivo com remoção de sujeiras da carroceria com uso de esponja**



Fonte: O autor.

**Figura 20: Jateamento com uso de água pressurizada na carroceria para remoção do shampoo**



Fonte: O autor.

As Tabelas 9 e 10 apresentam, respectivamente, a sequência do procedimento de lavagem e a ficha técnica dos produtos utilizados na limpeza veicular.

**Tabela 9: Sequência do procedimento de lavagem veicular**

<b>Ordem</b>	<b>Ação</b>	<b>Tempo (minutos)</b>
1ª	Aplicação de jato d'água carroceria (retirada grosseira de sujeiras) (Incluindo óleo)	3
2ª	Pulverização com desengraxante na carroceria	2
3ª	Pulverização com detergente automotivo na carroceria	2
4ª	Aplicação de jato d'água na carroceria para enxague	3
5ª	Aplicação de esponja com shampoo Automotivo com cera na carroceria	4
6ª	Jateamento de água pressurizada para enxague geral	3
	<b>TOTAL</b>	<b>17</b>

Fonte: O autor.

**Tabela 10: Produtos aplicados no processo de limpeza veicular**

<b>Tipo</b>	<b>Produto</b>	<b>Fabricante</b>	<b>Composição</b>	<b>Cor</b>	<b>Diluição</b>
Detergente automotivo concentrado	Mekacil MF	MEKAL	Tensoativos aniônicos, Coajuvantes, conservante e veículo	Vermelho	5:200 É empregado em uma bombona de 200 L
Desengraxante BB	Mekal desengraxante	MEKAL	Ativo, alcalizante, tensoativo aniônico, coadjuvantes, corante, conservante, neutralizante, hidrópodo e veículo	Azul	5:200 É empregado em uma bombona de 200 L
Detergente	Detergente automotivo com cera	MEKAL	Ativo, neutralizantes, tensoativo aniônico, agente formador de filme, corante, hidrótopo, espessantes, conservante e veículo		10:200 É empregado em uma bombona de 200 L

Fonte: O autor.

## 4 RESULTADOS

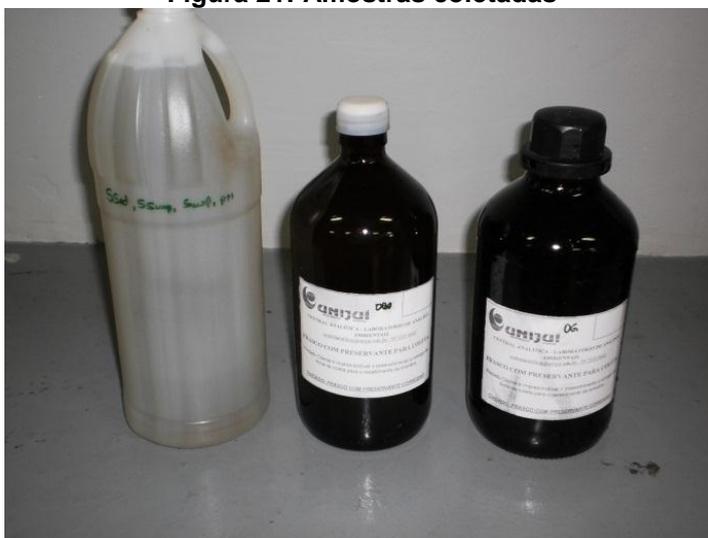
Os parâmetros determinados para a avaliação dos efluentes automotivos neste estudo foram escolhidos através de critérios técnicos envolvendo a natureza do efluente, a aplicabilidade comercial do método, além de questões relacionadas à análise de custo e benefício na amostragem. Esses parâmetros visaram avaliar a influência dos principais constituintes dos efluentes automotivos levantados, que são: óleos, sólidos, detergentes, solventes e combustíveis.

Neste contexto, os parâmetros de análise selecionados foram:

- óleos e graxas;
- MBAS ou surfactantes;
- DQO;
- sólidos em suspensão ou RNFT;
- sólidos sedimentáveis ou materiais sedimentáveis;
- pH.

Para cada parâmetro acima listado foram levantados os métodos de análise utilizados pelo Laboratório de Análises Ambientais e Alimentos da UNIJUI, responsável pelas análises das amostras figura 21. Este laboratório encontra-se devidamente credenciado, licenciado e certificado para a realização das análises dos parâmetros selecionados. Os métodos empregados são bem difundidos na prática laboratorial, citados em normas e padrões técnicos nacionais e internacionais.

**Figura 21: Amostras coletadas**



Fonte: O autor.

Os óleos e graxas, ou OG (Óleos e Graxas), ou SE (Solúveis em Éter), já configuram um parâmetro típico avaliado nas atividades automotivas. A sua determinação é de forma direta, através da extração e pesagem da fração oleosa.

A presença dos detergentes nas águas residuárias ou naturais é avaliada de forma indireta, em função da presença de tensoativos ou surfactantes, através de diferentes metodologias. O método usualmente empregado para determinação de detergentes aniônicos, em águas naturais e de abastecimento, é o colorimétrico do azul de metileno, conhecido pela sigla MBAS (*Methylene Blue Active Substances* ou Substâncias Ativas que Reagem com o Azul de Metileno).

O parâmetro DQO (Demanda Química de Oxigênio) foi selecionado como parâmetro indireto para avaliar a presença de solventes e combustíveis nas águas residuárias dos estabelecimentos automotivos, além do potencial poluidor do efluente. A escolha da DQO ocorreu pelos seguintes motivos:

- característica recalcitrante dos combustíveis e solventes utilizados nos estabelecimentos automotivos;
- facilidade e larga aplicabilidade do método na avaliação do potencial poluidor de efluentes industriais;
- custo financeiro da análise menor em relação a outros métodos de química analítica, tais como: absorção atômica, espectrometria de massa e cromatografia gasosa.

A desvantagem do método é que, devido à oxidação da matéria orgânica presente, eventuais parcelas de óleos dissolvidos e detergentes presentes na amostra também podem ser oxidadas, e assim influenciar na leitura da DQO, mascarando a influência dos solventes e combustíveis. Em outros métodos analíticos, a leitura seria precisa por tipo de espécie química. Contudo, mesmo que o efluente contenha óleos, detergentes ou outras substâncias químicas, nesse caso, a DQO é importante como um parâmetro de avaliação do potencial poluidor do efluente automotivo (solventes, combustíveis, detergentes e partículas oxidáveis), pela presença de substâncias orgânicas, tóxicas e recalcitrantes oxidadas pelo método.

Os sólidos podem ser basicamente divididos em dois grandes grupos: primeiramente de acordo com suas características físicas, agrupadas em virtude de seu diâmetro médio 105 (suspensos, coloidais e dissolvidos), e por suas características químicas (composição orgânica e inorgânica).

Dentro desse universo, os sólidos em suspensão, ou SST (Sólidos em Suspensão Totais), ou ainda RNFT (Resíduos Não Filtráveis Totais), consistem um grupo de sólidos retidos em um procedimento específico de filtração, seguido de um processo de evaporação e secagem da amostra. Já os MS (Materiais Sedimentáveis), ou SS (Sólidos Sedimentáveis) consistem um grupo de sólidos passíveis de sedimentação dentro de um intervalo de tempo e volume estabelecidos.

Os sólidos em suspensão são subdivididos em sólidos coloidais e sedimentáveis/flutuantes. Os coloidais são aqueles mantidos em suspensão devido ao pequeno diâmetro e pela ação da camada de solvatação que impede o crescimento dessas partículas. É importante ressaltar que partículas com diâmetro entre 0,001 e 1,2  $\mu\text{m}$  são coloidais (suspensão), mas pela metodologia analítica padronizada são quantificadas como sólidos dissolvidos. Os sólidos sedimentáveis e os flutuantes são aqueles que se separam da fase líquida por diferença de densidade (GIORDANO, 2004).

Os sólidos suspensos constituem um parâmetro de importância ambiental, sendo utilizado para valorar o potencial poluidor de uma água residuária e para avaliar a eficiência de tratamento de uma ETE (Estação de Tratamento de Esgotos), doméstica ou industrial (SAWYER, 1994). No caso das atividades automotivas, partículas de poeiras, argilas, emulsões oleosas, espuma de detergentes e partículas orgânicas com diâmetro até 45  $\mu\text{m}$ , todas podem fazer parte dos sólidos em suspensão.

A avaliação dos sólidos sedimentáveis é estabelecida através de um teste de 1 hora no cone Imhoff, e é empregada para o dimensionamento de fases preliminares de tratamento de efluentes, seja este doméstico ou industrial, inclusive para os sistemas separadores água e óleo. O monitoramento deste parâmetro no efluente visa observar a eficiência de remoção.

O pH (potencial de hidrogênio) consiste na indicação do caráter básico ou ácido de uma dada solução, representado pela atividade do íon hidrogênio. A escala de pH é logarítmica e graduada de 1 a 14, tomando como referência o produto de ionização da água (APHA, AWWA, WPCF, 1998).

## 4.1 RESULTADO DA AMOSTRAGEM

As amostragens realizadas nas empresas estudadas permitiram obter informações importantes sobre o potencial poluidor do efluente automotivo. A tabela abaixo apresenta o resultado dos parâmetros de monitoramento escolhidos.

Após a apresentação dos resultados será comentado, de uma forma geral, os valores obtidos para cada parâmetro. Para efeito comparativo, estes resultados são confrontados com os valores de lançamento permitidos no estado do Rio Grande do Sul, conforme tabela 11.

**Tabela 11: Limites de lançamento permitidos no Estado do Rio Grande do Sul**

Parâmetros	Limites de lançamento	Referência
Detergentes (MBAS)	2,0 mg/L	Portaria 01/89 SSMA
DQO	360 mg/L	Portaria 01/89 SSMA
Óleos e graxas	10 mg/L	Portaria 01/89 SSMA
Sólidos suspensos (RFNT)	120 mg/L	Portaria 01/89 SSMA
Matérias sedimentáveis	1 mg/L	CONAMA n 357/2005
pH	6 a 8	Portaria 01/89 SSMA

Fonte: CONAMA.

**Tabela 12: Parâmetros avaliados e resultados obtidos no ponto de coleta**

Parâmetros	Resultados	Referência
Detergentes (MBAS)	6,94 mg/L	2,0 mg/L
DQO	353,81 mg/L	360 mg/L
Óleos e graxas	19,44 mg/L	10 mg/L
Sólidos em suspensão (RNFT)	34,00 mg/L	120 mg/L
Materiais sedimentares	0,10 mg/L	1 mg/L
pH	10,28	6 a 8
Vazão	-	

Fonte: O autor.

### 4.1.1 Discussão sobre os Parâmetros Avaliados

#### 4.1.1.1 Detergentes (MBAS)

O resultado da análise de detergentes, observados no afluente e efluente do sistema separador água e óleo amostrado obtendo um valor de 6,94 mg/L, indicando um valor acima do limite de lançamento, estabelecido pela Portaria 01/89 SSMA,

para o estado do Rio grande do Sul, no valor de 2 mg/L , merecendo uma atenção do ponto de vista ambiental.

A presença de detergentes nos sistemas separadores de águas e óleo e nas suas respectivas caixas de passagens e caixas de areia preliminares, pode ter acrescido a concentração de óleos e graxas no efluente final, acima do valor máximo de lançamento esperado pelos sistemas separadores água e óleo, pelo efeito de emulsão química do óleo pelos detergentes. A emulsão do óleo pode ter ocorrido durante o processo de lavagem ou pela emulsão do óleo retirado nos separadores, separadores convencionais como adotado pela empresa, apresentam concentração máximas de lançamento em torno de 100 mg/L de óleos e graxas no efluente (saída do separador), sem a utilização de detergentes e solventes.

#### 4.1.1.2 DQO (Demanda Química de Oxigênio)

O resultado de DQO observado está dentro da normalidade conforme a Portaria 01/89 SSMA, que estabelece um valor de 360 mg/L para as atividades automotivas, ou posto de abastecimento, no tocante ao seu limite de lançamento. Nesta mesma diretriz, que é organizada por tipologia de atividades, os valores de lançamento de DQO situam-se entre 100 e 500 mg/L. No País, também não existe uma legislação ambiental específica para padrões lançamento de DQO, seja para as atividades automotivas, ou até mesmo para os postos de abastecimento.

Por se tratar de um parâmetro indireto de medida, os valores de DQO altos estão diretamente relacionados aos valores altos de RNFT, óleos e graxas e detergentes.

Dependendo de combinações específicas, estes parâmetros influenciam numa leitura maior ou menor de DQO.

Quando os valores de DQO superam os valores de RNFT, a leitura de DQO está mais associada à presença de solventes, combustíveis e detergentes.

No caso, os óleos e graxas, no valor de 19.44 mg/L, associados aos combustíveis, detectados pelo forte cheiro de voláteis no momento da coleta, contribuíram para a leitura de 34 mg/L de DQO. A leitura de RNFT pode estar mais associada a frações suspensas de sólidos inorgânicos não oxidáveis, além de parcela óleos e graxas, uma vez que este parâmetro além da fase livre flutuante, também encontra-se emulsificado, em fase coloidal.

#### 4.1.1.3 Óleos e Graxas

O resultado de óleos e graxas obtido apresentou um resultado de 19,44 mg/L quando o máximo permitido pela Portaria 01/89 SSMA do estado do Rio Grande do Sul e de 10 mg/L, resultado bem significativo em relação a superioridade do permitido.

Em casos de lavagens gerais, ou exclusivamente de chassis e motores, com o jateamento de água pressurizada, geram-se quantidades significativas de óleo, que em muitos casos ultrapassam o limite estabelecido pelos padrões de lançamentos.

O uso de metassilicato de sódio, ou Solupan, para a dissolução do óleo agregado ao piso, promove a emulsão química, potencializada pela emulsão física do óleo (esfregamento e jateamento d'água do piso), não sendo retidos pelos sistemas separadores água e óleo.

#### 4.1.1.4 Sólidos em Suspensão (RNFT) e Materiais Sedimentáveis

O valor de RNFT encontrado foi de uma forma geral baixa, tomando como referência o limite de lançamento adotado. O estado do Rio Grande do Sul apresenta em suas legislações um limite de lançamento para este parâmetro de 120 mg/L sendo obtido 34 mg/L na análise.

Para os sólidos sedimentáveis, as leituras observadas no afluente também foi bem abaixo do esperado obtendo o resultado de 0,10 mg/L, tomando-se em conta o limite de lançamento adotado. O limite estabelecido no estado do Rio Grande do Sul, Pela NT 202 da FEEMA, e pela Resolução CONAMA 357/2005 é de 1 mL/L.

A leitura de RNFT, além da presença de poeiras e sedimentos orgânicos e inorgânicos, pode ser influenciada diretamente pelos parâmetros, materiais sedimentáveis, e em menor escala pelos detergentes e óleos e graxas. No processo de filtragem da metodologia de análise, parte das espumas de detergentes e parte do óleo livre e emulsionado, com diâmetro acima de 0,45  $\mu\text{m}$ , após passagem no forno até 105°C podem compor os valores de RNFT. Contudo, a maior contribuição da leitura de detergentes está relacionada à metodologia de sólidos dissolvidos, devido à permeabilidade na membrana. Na realização do método de RNFT, ocorrem

também perdas por volatilização das espumas na secagem ao forno. As frações de hidrocarbonetos sensíveis a esta temperatura também são perdidas.

Os sólidos sedimentáveis representam partículas orgânicas e inorgânicas, que por processos mecânicos e físico-químicos específicos, podem ficar em suspensão, porém apresentam a capacidade de sedimentarem, e assim separarem-se da fase líquida. Estes são retidos pela filtragem na metodologia de análise de RNFT. Os valores de sólidos sedimentáveis elevados observados na amostragem, atrelados a leituras elevadas de RNFT, estão relacionados a grandes quantidades de sujidades orgânicas e inorgânicas, além de argilas e areias que por ventura não foram retidos preliminarmente nas caixas de areia, ou posteriormente, no efluente, após os SAO's.

#### 4.1.1.5 pH

O pH obtido nesta análise foi considerado alto chegando ao valor de 10,28, no estado do Rio Grande do Sul, de acordo com a portaria 01/89 SSMA, o limite de lançamento para pH varia de 6 a 8. Esta faixa também é adotada pelo país, através da Resolução CONAMA 357/2005. A leitura de pH está interligada diretamente com a composição química de detergentes e solventes automotivos. Os produtos utilizados nos estabelecimentos automotivos apresentam uma característica neutra, básica e ácida, dependendo do tipo de aplicação e fabricante.

Existem no mercado, por exemplo, detergentes, desengraxantes, e outros produtos desincrustantes, em pó, ou líquido, de composição neutra, básica e ácida, que influenciam diretamente nos valores observados de pH.

O metassilicato de sódio, também conhecido como Solupan, possui em sua composição química carbonatos e alcalinizantes que conferem uma qualidade básica ao efluente.

Outra consideração importante é que o pH influencia na emulsão dos óleos e graxas, principalmente em faixas alcalinas, em processos de saponificação.

## CONCLUSÃO

Considerando o número de atividades automotivas presentes no Brasil, 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. Nesse caso, o efluente automotivo, após passar pelo sistema de pré-tratamento, composto de gradeamento e caixa de sedimentação de areia, esta instalado dentro do box de lavagem, ao mesmo tempo em que retêm sólidos grosseiros e materiais sedimentáveis (areia), provenientes dos chassis, rodas dos veículos e lavagem de piso. Os efluentes são destinados à caixa separadora de óleo, após 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 do efluente líquido automotivo avaliado, não foi suficiente para enquadrá-lo dentro dos padrões de lançamento.

Do ponto de vista técnico, o protocolo de monitoramento adotado nesse estudo para os parâmetros surfactantes (MBAS), DQO, materiais sedimentáveis, mostrou-se eficiente e prático na avaliação dos efluentes automotivos, porém óleos e graxas, detergentes e pH não se enquadraram dentro da normalidade.

Para o parâmetro de óleos e graxas podem ter obtido um resultado que ultrapassa o limite pelo fato de haver casos em que há um jateamento de água pressurizada em chassis, motores ou lavagens gerais que geram quantidades significativas de óleos, fazendo com que o sistema de SAO tenha uma grande vazão

de efluente sem tempo para separação. A presença dos detergentes nos SAO podem ter acrescido a concentração final de óleos e graxas no efluente final, pelo efeito da emulsão química do óleo pelos detergentes.

O projeto inicial da concessionária não se levou em consideração vazão e manutenção do sistema de SAO, a partir dos dados coletados será criado um plano de ação para a máxima aproximação da normalidade em todos os parâmetros analisados.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **Considerações do grupo de revisão da NBR-14605 sobre normas internacionais de sistemas separadores água e óleo.** Rio de Janeiro, 2005. 3p.

ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **Postos de serviço: sistema de drenagem oleosa – NBR-14605.** Rio de Janeiro, 2000. 2p.

ANDERSON, J. M. Current water recycling initiatives in Australia: scenarios for the 21st century. **Wat. Sci. Tech.**, 33:37-43, 1996.

APHA, AWWA, WPCF. **Standard methods for the examination of water and wastewater.** 20th edition. New York, 1998.

API – AMERICAN PETROLEUM INSTITUTE. Disponível em: <<http://www.apiec.api.org>>. Acesso em: 13 out. 2004.

ARIZONA DEPARTMENT OF ENVIRONMENTAL QUALITY. **Badct guidance document for pretreatment with oil/water separators draft.** USA, 1996. 34p.

BROWN, T. C.; LE MAY Jr., H. E.; BURSTEN, B. E. **Química: ciência central.** Trad. Horácio Macedo. 7. ed. Rio de Janeiro: LTC, 1997. 702p.

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).

FURASTÉ, P. A. **Normas técnicas para o trabalho científico**: explicitação das normas da ABNT. 16. ed. Porto Alegre: Dáctilo Plus, 2013.

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

LEITÃO, S. A. M. **Bases para estruturação das atividades de reuso de água no Brasil**: estágio atual. Artigo apresentado no II Encontro das Águas, Montevideu, 1999.

MARTINI JÚNIOR, L. C.; GUSMÃO, A. C. F. **Gestão ambiental na indústria**. 1. ed. Rio de Janeiro: Destaque, 2003.

MENEZES, F. L. **Avaliação da qualidade de águas de drenagem urbana correlacionada aos poluentes originados pelo tráfego de veículos automotores**. 2004.

MISSISSIPPI STATE UNIVERSITY. **Training for construction site erosion control and storm water facility inspection**. 1993.

PRIOR, S. **Wastewater treatment should cater to carwash's needs**. 2000. Disponível em: <<http://www.moderncarcare.com/Articles/0a1feat1.html>>. Acesso em: 03 maio 2014.

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, p. 76-83, 1999.

USEPA – UNITED STATES ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY. **Códigos de residuos peligrosos de la EPA para flujos de residuos comúnmente generados por los generadores de pequeñas cantidades**. 2004. 1p.

USEPA – UNITED STATES ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY. Disponível em: <<http://www.epa.gov/>>. Acesso em: 13 mar. 2014.

USEPA – UNITED STATES ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY. **Oil/water separators**: best environmental practices for auto repair and fleet maintenance. 1999. 2p.

USEPA – UNITED STATES ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY. **Technologies for treating MTBE and other fuel oxygenates**. 2004. 109p.

WILLERS, H. C.; KARAMANLIS, X. N.; SCHULTE, D. D. Potential of closed water systems on dairy farms. **Wat. Sci. Tech.**, 39:113-119, 1999.