

UNIVERSIDADE FEDERAL DO TRIÂNGULO MINEIRO – UFTM
INSTITUTO DE CIÊNCIAS TECNOLÓGICAS E EXATAS – ICTE

RAFAEL CARVALHO DA CUNHA

Determinação da quantidade de óleo na água de escoamento superficial: Simulação física de evento pluviométrico e da poluição por óleo lubrificante

Uberaba

2015

RAFAEL CARVALHO DA CUNHA

Determinação da quantidade de óleo na água de escoamento superficial: Simulação física de evento pluviométrico e da poluição por óleo lubrificante

Dissertação apresentada ao Programa de Mestrado Profissional em Inovação Tecnológica, da Universidade Federal do Triângulo Mineiro, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre Orientador: Prof. Dr. Geoffroy Roger Pointer Malpass.

Uberaba

2015

**Catálogo na fonte: Biblioteca da Universidade Federal do
Triângulo Mineiro**

C98d Cunha, Rafael Carvalho da
Determinação da quantidade de óleo na água de escoamento superficial:
simulação física de evento pluviométrico e da poluição por óleo lubrificante /
Rafael Carvalho da Cunha. -- 2015.
70 f. : il., fig., graf., tab.

Dissertação (Mestrado Profissional em Inovação Tecnológica) -- Uni-
versidade Federal do Triângulo Mineiro, Uberaba, MG, 2015
Orientador: Prof. Dr. Geoffroy Roger Pointer Malpass

1. Água - Poluição. 2. Águas pluviais. 3. Escoamento. 4. Óleos lubrifi-
cantes. 5. Modelo experimental. 6. Gestão ambiental. I. Malpass, Geoffroy
Roger Pointer. II. Universidade Federal do Triângulo Mineiro. III. Título.

CDU 628.193:665.765

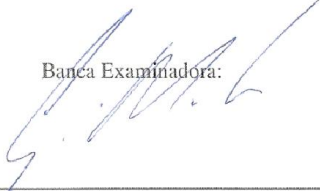
RAFAEL CARVALHO DA CUNHA

DETERMINAÇÃO DA QUANTIDADE DE ÓLEO NA ÁGUA DE
ESCOAMENTO SUPERFICIAL: SIMULAÇÃO DE EVENTO
PLUVIOMÉTRICO E DA POLUIÇÃO POR ÓLEO LUBRIFICANTE

Trabalho de conclusão apresentado ao
Programa de Mestrado Profissional em
Inovação Tecnológica da Universidade
Federal do Triângulo Mineiro, como requisito
para obtenção do título de mestre.

Uberaba, 11 de agosto de 2015


Banca Examinadora:



Prof. Dr. Geoffroy Roger Pointer Malpass
Orientador – PMPIT - UFTM



Prof. Dr. Júlio César de Souza Inácio Gonçalves
Membro Titular – UFTM



Prof. Dr. Artur de Jesus Motheo
Membro titular – IQSC/USP

Dedico este estudo ao meu orientador por compartilhar meus anseios na idealização e execução desse projeto. Agradeço aos meus pais pela paciência e incentivo na busca incessante de conhecimento e aos companheiros do desenvolvimento sustentável e proteção ambiental.

AGRADECIMENTOS

Agradeço ao meu orientador.

Agradeço ao Químico Alexandre Faria de Lima, ao biomédico Mateus Silveira Freitas Faria e a Engenheira Química Karla Araújo, pela ajuda nas coletas de dados, análises laboratoriais, sugestões e paciência.

Aos meus pais, Daniel e Selma, pela ajuda diversa na elaboração da dissertação.

A banca examinadora, pelas sugestões e críticas.

“Em algum lugar, alguma coisa incrível está esperando para ser conhecida.”

Carl Sagan

RESUMO

O processo de urbanização vigente, de forma generalizada, é antagônico com a sustentabilidade ambiental, a qual promove o desenvolvimento de tecnologias ambientalmente racionais, minimizando impactos ambientais negativos das atividades antrópicas. Das mudanças da paisagem urbana destaca-se o aumento considerável das áreas impermeáveis e passíveis de contaminação, onde a água e seus parâmetros físicos, químicos e biológicos são indicadores de sustentabilidade e sanidade ambiental. Se as águas pluviais incidirem sobre superfícies contaminadas, especificamente ruas e estacionamentos, o escoamento superficial pluvial pode limpar e carrear contaminantes, destacando óleo lubrificante “queimado”. Há diversos diplomas legais nacionais, que de forma genérica, determinam que efluentes oleosos devam obrigatoriamente ser tratados e recuperados, evitando assim impactos ambientais. Com a hipótese que as concentrações de óleos nos efluentes pluviais possuem comportamento semelhante aos outros poluentes, vide água de chuva de telhado, o presente estudo objetiva analisar: (a) concentração/carga poluente de óleo na água, (b) intervalo de tempo do pico máximo de concentração, (c) intervalo de tempo de relativa estabilização e, (d) efeito da limpeza química e mecânica. Foi elaborado modelo experimental de superfície impermeabilizada e mecanismo de escoamento superficial, e propostos e testados metodologias e delineamentos experimentais. Os teores de óleos nas amostras foram analisados através da metodologia padrão de extração *Soxhlet*, definindo a concentração por litro (mg/L) e a carga poluente em mg por minuto, devido a alteração da vazão entre os ensaios. Os resultados evidenciaram que em relação à concentração, há picos entre o 3º e 4º minuto, relativa estabilização no 10º minuto, vazão influencia a eficiência da limpeza proveniente do escoamento superficial, que 75% da carga poluente são removidos nos 10 primeiros minutos, e que há maior eficiência de remoção dos contaminantes através de limpeza química e mecânica.

Palavra Chave: Água, Óleo Lubrificante, Modelo Experimental, Gestão Ambiental.

ABSTRACT

The whole urbanization process is antagonistic to environmental sustainability, which promotes the development of environmentally sound technologies, and minimizes the negative environmental impacts of human activities. The landscape changes caused by urbanization are characterized by a considerable increase in the presence of impervious areas that are susceptible to contamination. When rainwater falls on contaminated surfaces, specifically in car parks, runoff can carry off a variety of contaminants. Focusing on lubricating oils, Brazilian legislation stipulates that oil-containing effluent must be treated before being discharged into the environment. With the assumption that the oil concentration in the effluent decreases over increased rain time, which is similar qualitative behavior to rainwater runoff from roofs, the present study aims to quantify the concentration / pollutant load of oil in simulated rainwater, time of pollutant maximum and the effect of chemical and mechanical treatment of the surface. In order to achieve this objective, it was necessary to develop an experimental model of an impervious surface, runoff, testing methodologies and experimental design. The contents of the sample oils were analyzed using the standard Soxhlet extraction method, defining the concentration per liter (mg / L) and the pollutant load (mg / min). The results observed with respect to the concentration demonstrate that there are peaks between 3 and 4 minutes and stabilization after 10 minutes. Flow influences the efficiency of cleaning from surface runoff, and 75% of the load is removed in the first 10 minutes, and contaminant removal efficiency is not improved by chemical and mechanical cleaning.

Key-words: Water, Lubricating Oil, Experimental Model, Environmental Management.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Representação dos principais estoques e fluxos do ciclo global da água em km ³ e km ³ /ano	4
Figura 2 – Ilustrações de bacia hidrográfica, mostrando os divisores de água, as sub-bacias e a drenagem principal	7
Figura 3 – Fluxograma na elaboração do modelo de superfície impermeabilizada e escoamento superficial	18
Figura 4 – Croqui das dimensões da bandeja metálica, com visões horizontais e verticais	19
Figura 5 – Bandeja metálica contendo ganchos para fixação do concreto	20
Figura 6 – Implantação e nivelamento do concreto queimado	20
Figura 7 – Apoio do aparato com tijolos e redução da secção da vazão do exutório manufaturada com massa adesiva epóxi	20
Figura 8 – Macaco hidráulico para utilizado na calibração da inclinação da bandeja	20
Figura 9 – Configuração final da área de análise	21
Figura 10 – Cano de diâmetro 25 mm com furos de 2,5 mm	22
Figura 11 – Detalhes da caixa de água, válvula e cano de 25 mm	22
Figura 12 – Croqui do sistema simulador da precipitação e escoamento superficial, com visão horizontal e detalhe dos furos no tubo plástico	22
Figura 13 – Desenho esquemático de corte da caixa de água e Memorial de cálculo da pressão da coluna de água	23
Figura 14 – Fluxograma para cálculo aproximado de óleo lubrificante disposto sobre a superfície da bandeja	25
Figura 15 – Óleo lubrificante recém disposto sobre a superfície concretada	25
Figura 16 – Bandeja concretada com manchas oleosas secas	25
Figura 17 – Bandeja concretada untada com óleo lubrificante	26
Figura 18 – Remoção manual do óleo utilizando bucha e surfactante	27
Figura 19 – Coleta do efluente em garrafas plásticas de 1 L, no Ensaio 1	28
Figura 20 – Coleta do efluente em garrafas plásticas de 1 L, no Ensaio 2	28
Figura 21 – Coleta do efluente em garrafões de 6 L	28
Figura 22 – Coleta do efluente após a limpeza da bandeja, em garrafões de 6 L	28
Figura 23 – Funil de Separação de 1000 mL	29

Figura 24 – Separação de fases, com solvente e óleo evidenciado pela seta	29
Figura 25 – Manta aquecedora, balão de separação, extrator Soxhlet, condensador e apoio	30
Figura 26 – Resíduo remanescente de óleo	30
Figura 27 – Mensuração da massa do óleo	30
Figura 28 – Carga poluidora e porcentagem acumulada nas amostras dos efluentes do Ensaio 1, no intervalo de tempo de coleta de dados	31
Figura 29 – Concentração e porcentagem acumulada nas amostras dos efluentes do Ensaio 1, no intervalo de tempo de coleta de dados	32
Figura 30 – Comparativo das análises dos efluentes do escoamento superficial e 1ª água de lavagem após limpeza química e mecânica, em mg/L, relativa ao Ensaio 1	32
Figura 31 – Comparativo das análises dos efluentes do escoamento superficial e 1ª água de lavagem após limpeza química e mecânica, em porcentagem (%), relativa ao Ensaio 1	33
Figura 32 – Comparação das concentrações (mg/L) dentro de um mesmo intervalo de tempo (minuto inicial até minuto final de coleta, sendo a letra a repetição), representado por cores semelhantes, em análise sequenciais, relativa ao Ensaio 2 ..	34
Figura 33 – Camada oleosa da coleta integral do efluente do intervalo de tempo de 1 a 2 minutos (M 1-2)	34
Figura 34 – Carga poluidora e porcentagem acumulada nas amostras dos efluentes do Ensaio 2, no intervalo de tempo de coleta de dados	35
Figura 35 – Concentração de óleo e porcentagem acumulada nas amostras do efluente do Ensaio 2, de acordo com o intervalo de tempo	35
Figura 36 – Comparativo das análises dos efluentes do escoamento superficial e 1ª água de lavagem após limpeza química e mecânica, em mg/L	36
Figura 37 – Comparativo das análises dos efluentes dos escoamentos superficiais e água de limpeza relativa ao 1º minuto, em porcentagem (%)	36
Figura 38 – Carga poluidora e porcentagem acumulada nas amostras dos efluentes do Ensaio 3, no intervalo de tempo de coleta de dados	37
Figura 39 – Concentração de óleo e porcentagem acumulada nas amostras do efluente do Ensaio 3, de acordo com o intervalo de tempo	38

Figura 40 – Comparativo das análises dos efluentes do escoamento superficial e 1ª água de lavagem após limpeza química e mecânica, em mg/L, relativo ao Ensaio 3	38
Figura 41 – Comparativo das análises dos efluentes após a limpeza química e física, com coleta do efluente em 4 momentos, relativo ao Ensaio 3	39
Figura 42 – Comparativo entre os Ensaios, através das remoções provenientes do escoamento superficial	41
Figura 43 – Comparativo entre os Ensaios 2 e 3, através das remoções provenientes do escoamento superficial	41
Figura 44 – Comparação entre eficiências do carreamento do óleo por escoamento superficial e por limpeza (mecânica e química)	44
Quadro 1 – Procedimento de coleta de amostra no Ensaio 1	64
Quadro 2 – Procedimento de coleta de amostra no Ensaio 2	64
Quadro 3 – Procedimento de coleta de amostra no Ensaio 3	65

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Concentração e porcentagens de óleo nas amostras do efluente do Ensaio 1	66
Tabela 2 – Concentração e porcentagens de óleo nas amostras do efluente do Ensaio 2	66
Tabela 3 – Concentração e porcentagens de óleo nas amostras do efluente do Ensaio 3.....	67
Tabela 4 – Concentração e porcentagens de óleo nas amostras do efluente do Ensaio 3, após a limpeza química e mecânica da bandeja de experimento	67

LISTA DE SÍMBOLOS

UFTM	Universidade Federal do Triângulo Mineiro
ICTE	Instituto de Ciências Tecnológicas e Exatas
EMBRAPA	Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
UNDPA	<i>United Nations Population Fund</i>
ONU	<i>Organization of the United Nations</i>
OMS	Organização Mundial da Saúde
Km ²	Quilômetro quadrado
%	Porcentagem
Km ³	Quilômetro cúbico
Km ³ /ano	Quilômetro cúbico por ano
PNHR	Política Nacional de Recursos Hídricos
ANA	Agência Nacional das Águas
UNESCO	Organização das Nações Unidas para a educação, ciência e cultura
CONAMA	Conselho Nacional de Meio Ambiente
CSAO	Caixa Separadora Água e Óleo
ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
NBR	Norma Brasileira
Art.	Artigo
CSAO	Caixa Separadora de Água e Óleo
m ²	Metro quadrado
uT	Turbidez
Uh	Cor
°C	Graus Celsius
μS/cm	Micro Siemens por centímetro
cm	Centímetro

pH	Potencial Hidrogeniônico
mg/L	Miligrama por litro
OD	Oxigênio Dissolvido
DBO	Demanda Bioquímica de Oxigênio
DQO	Demanda Química de Oxigênio
UFC	Unidade formadora de Colônia
SAE	<i>Society of Automotive Engineers</i>
API	<i>American Petroleum Institute</i>
ETE	Estação de Tratamento de Esgoto
mm	Milímetro
ml	Mililitro
L/min	Litro por minuto
L/m ² /min	Litro por metro quadrado no intervalo de um minuto
kg	Quilogramas

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	1
2	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	3
2.1	SUSTENTABILIDADE DA ÁGUA	3
2.2	BACIAS HIDROGRÁFICAS	5
2.3	APROVEITAMENTO DE ÁGUA PLUVIAL E CONTAMINAÇÕES.....	8
2.4	CARACTERÍSTICAS DA FROTA NACIONAL	12
2.5	CARACTERÍSTICAS DO ÓLEO LUBRIFICANTE	12
3	OBJETIVOS	16
3.1	OBJETIVO GERAL	16
3.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	16
4	METODOLOGIA	17
4.1	LOCAL E ACESSO	17
4.2	ELABORAÇÃO DO MODELO EXPERIMENTAL	17
4.2.1	Simulação da área de escoamento	18
4.2.2	Elaboração do sistema de escoamento superficial	21
4.2.3	Simulação da poluição por óleo lubrificante veicular	24
4.2.4	Limpeza química e mecânica da área da bandeja	26
4.3	METODOLOGIA EXPERIMENTAL	27
4.4	ANÁLISES LABORATORIAIS.....	29
4.5	ANÁLISE E GRÁFICOS	30
5	RESULTADOS E DISCUSSÃO	31
5.1	ENSAIOS	31
5.1.1	Ensaio 1	31
5.1.2	Ensaio 2	33
5.1.3	Ensaio 3	37
5.2	DISCUSSÃO GERAL DOS ENSAIOS	40
5.3	MODELO EXPERIMENTAL	45

6	CONCLUSÃO	46
7	BIBLIOGRAFIA	49
	ANEXO 1 – FICHA DE INFORMAÇÕES DE SEGURANÇA DE PRODUTO QUÍMICO.....	54
	ANEXO 2 – QUADROS E TABELAS	64
	ANEXO 3 – PARÂMETROS DOS ESTUDOS DE QUALIDADE DE ÁGUA.....	68

1. INTRODUÇÃO

A sustentabilidade é alcançada pelo desenvolvimento de tecnologias ambientalmente racionais e diplomas legais¹ ambientais específicos, e conforme orientações deste, a minimização dos impactos ambientais negativos decorrentes das atividades antrópicas potencializam a melhora da qualidade da vida e a conservação ambiental.

O processo de urbanização nas últimas décadas é caracterizado por crescimento populacional e mudanças radicais da paisagem, com aumento considerável de áreas impermeáveis e passíveis de contaminação, provocando impactos ambientais e socioeconômicos (SANTOS et al., 2013). Neste contexto, estudos para reduzir a degradação/impacto no meio ambiente urbano são fundamentais e essenciais, destacando os recursos hídricos, onde a água e seus parâmetros são indicadores da sustentabilidade e sanidade ambiental do local.

Desta forma, a gestão dos recursos hídricos deve considerar o uso mais eficiente da água disponível e a proteção de sua qualidade, com mudanças de paradigmas e técnicas no uso doméstico, industrial e agrícola (REBOUÇAS, 2001).

Em áreas urbanas, o escoamento da água pluvial deveria ser segregado dos efluentes sanitários, já que estes são comprovadamente contaminados e devem por lei receber tratamento específico em Estações de Tratamento de Esgoto (ETE). O distúrbio em relação ao sistema de drenagem pluvial é que há possibilidade das chuvas incidirem em superfícies pavimentadas e impermeabilizadas contaminadas, tais como telhados, ruas e estacionamentos, e o escoamento superficial da água pluvial pode carrear contaminantes, provocando impacto ambiental negativo em solos e corpos hídricos.

Uma vez que as águas de drenagem pluvial urbana podem conter substâncias contaminantes, o presente estudo é relevante por confrontar os resultados obtidos frente à legislação nacional relativa a recursos hídricos, alertar a comunidade científica e população da necessidade de maiores estudos, e propor medidas iniciais de gestão ambiental de áreas impermeáveis passíveis de contaminação por óleos e graxas.

¹Diploma legal é uma forma de se referir a qualquer dispositivo legal, tais como lei, código, decreto, normal, etc.

Neste contexto, a metodologia e aplicação de técnicas de gestão ambiental sobre áreas impermeabilizadas são convenientes, podendo gerar até o aproveitamento da água pluvial incidente, e principalmente, redução do impacto ambiental pelo carreamento de substâncias poluentes.

Ao nosso conhecimento, há escassez de referenciais e dados técnico-científicos, e tornou-se necessária apropriação de diversas ciências com o objetivo de avaliar a contaminação da água de escoamento superficial pluvial por óleo lubrificante em área de estacionamento de veículos.

A hipótese é que a concentração de óleo na água (efluente) é decrescente com o intervalo de tempo de coleta, comportamento semelhante aos estudos de aproveitamento de água de chuva de telhados.

Com a dificuldade de realizar o experimento em escala real devido às variáveis envolvidas, fez-se necessário o desenvolvimento de sistema simulando superfície impermeabilizada semelhante a estacionamento, simulação de escoamento superficial da água pluvial, testes de metodologias e de delineamento experimental. O diagnóstico do comportamento do carreamento do óleo pelo escoamento superficial da água foi mensurado e analisado pela metodologia padrão de extração *Soxhlet*, definindo a concentração por litro (mg/L) e a carga poluente (mg/min), devido a alteração da vazão entre os ensaios.

Os dados finais podem orientar no manejo e gestão ambiental de áreas passíveis de contaminação por óleo, tais como estacionamentos, ruas, pátios, rodovias, etc.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

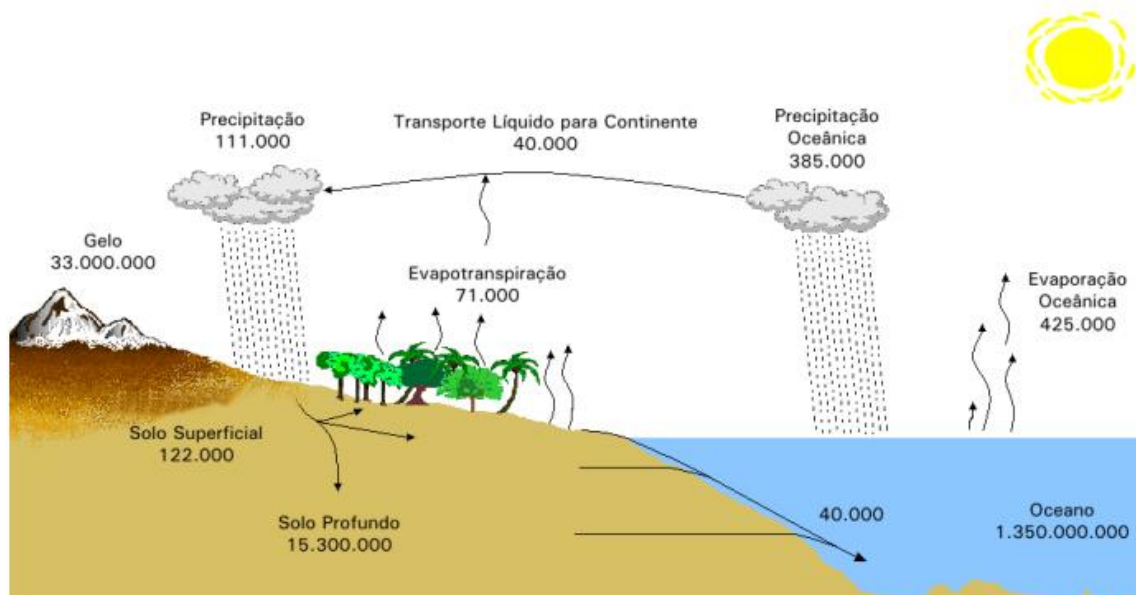
2.1. SUSTENTABILIDADE DA ÁGUA

Excluindo eventos esporádicos, o planeta Terra pode ser compreendido como um sistema químico hermeticamente fechado, no qual as interações ocorrem na biosfera, sustentadas pela energia solar (ADUAN et al., 2004). Em 1875, o geólogo austríaco Eduard Suess introduziu o termo biosfera, que deriva da junção dos radicais gregos *βίοσε σφαίρα*, ou seja, esfera da vida. O termo abrange o conjunto de todos os organismos e ecossistemas, podendo ser considerado como unidade real da camada viva que permeia o planeta, funcionando como um organismo de ordem superior (TEIXEIRA; COUTO, 2010). As interações entre a fauna e a flora causam impactos nos meios químicos e físicos do planeta, porém pouco alterados ao longo de milhões de anos (ADUAN et al., 2004). Já a humanidade, em consequência do desenvolvimento tecnológico e da capacidade de alterar o meio ambiente, causa desequilíbrios significativos de massa e de energia na biosfera, cujos resultados ainda não podem ser previstos (ADUAN et al., 2004).

O planeta é formado por uma crosta rochosa (litosfera), que é parcialmente recoberta por água (hidrosfera), envolvidas por camada gasosa (atmosfera). A camada superficial abrange cerca de 510 milhões de km², sendo 29,2% do total (149 milhões de km²) constituídas por terras emersas e o restante por superfície com água, sendo que destas, 97,5% são salgadas. A relativa escassez de água doce torna importante o gerenciamento dos recursos hídricos, já que é componente fundamental na dinâmica natural e nos ciclos bioquímicos de forma a permitir a sustentabilidade da vida e a dinâmica dos ciclos ecológicos (TUNDISI, 2008).

A hidrosfera engloba oceanos, mares, rios, lagos, lençóis subterrâneos, geleiras e neves permanentes, além de vapores atmosféricos. A coexistência da água nos três estados da matéria permite sua circulação, sendo um dos constituintes dos ciclos biogeoquímicos. Este termo descreve o trajeto realizado no ambiente por substâncias químicas essenciais à vida, que podem ser absorvidos e alterados por componentes bióticos e abióticos constituintes da biosfera (Figura 1). A compreensão da dinâmica dos ciclos biogeoquímicos fornece subsídios para a identificação dos impactos ambientais (ADUAN et al., 2004).

Figura 1 – Representação dos principais estoques e fluxos do ciclo global da água em km³ e km³/ano.



Fonte: SCHLESINGER, 1997, modificado por ADUAN *et al.*, 2004.

As mudanças dos estados fundamentais da água ocorrem no ciclo hidrológico. A água é evaporada pela incidência de energia térmica e/ou pela transpiração da biomassa, sendo armazenada na atmosfera. O vapor de água pode condensar e precipitar, sendo posteriormente absorvida pela biomassa, solo, formar neves, geleiras ou escoar para mares e oceanos. O ciclo hidrológico é fundamental para o meio ambiente e relações ecológicas, incluso as atividades humanas, além de proporcionar melhora na qualidade de vida e a economia. Por outro lado, as atividades humanas podem desencadear alterações significativas na qualidade e quantidade da água na biosfera (TUNDISI, 2008).

A manutenção da qualidade da água e da disponibilidade hídrica tornou-se tema principal da sustentabilidade ambiental. Desta forma, a gestão dos recursos hídricos deve considerar o uso mais eficiente da água disponível e a proteção de sua qualidade, com mudanças de paradigmas e técnicas no uso doméstico, industrial e agrícola (REBOUÇAS, 2001).

A *United Nations Population Fund* (UNDP)², organismo da ONU, responsável por questões populacionais, afirmou que no começo do século 21 as atividades antrópicas

²*United Nations Population Fund* ou Fundo das Nações Unidas para Atividades Populacionais é o organismo da ONU responsável por questões populacionais.

consomem 54% da água doce disponível, com projeção de 70% no ano de 2025. Do ponto de vista quantitativo, o Brasil ainda apresenta situação confortável em relação a recursos hídricos, com alta disponibilidade *per capita* de água (TUNDISI, 2008). No entanto, os quadros sanitários das áreas urbanas e rurais são precários (REBOUÇAS, 2003).

Em pronunciamento feito em 2003, Kofi Annan, então secretário geral da ONU, afirmou que o adequado fornecimento de água potável e saneamento são as principais medidas para reduzir a incidência de algumas doenças, de forma a reduzir a morbidade e a mortalidade mundial. A Organização Mundial de Saúde (OMS)³ afirma que cada dólar investido em saneamento básico significa redução de quatro a cinco dólares nas despesas hospitalares (REBOUÇAS, 2003).

Em decorrência das atividades antrópicas, as áreas urbanas possuem diferenças no uso e na ocupação do solo quando comparadas com ambientes agropecuários e principalmente naturais. A urbanização altera de forma negativa os ciclos biogeoquímicos e ecológicos. A compreensão destas alterações fomenta medidas e ações para tornar o espaço urbano menos impactante (TUCCI, 2008).

2.2. BACIAS HIDROGRÁFICAS

O desenvolvimento sustentável depende das interações entre os recursos naturais, organização do espaço regional, ações sócio-políticas-econômicas, proteção e gestão ambiental. Entretanto, o planejamento das atividades antrópicas é conflitante com os modelos atuais de desenvolvimento, devido à precariedade na avaliação diagnóstica e nas medidas preventivas do impacto das atividades do homem sobre a dinâmica ambiental, principalmente em relação à capacidade de suporte do ecossistema (CAMPANHARO; HOLLANDA; CECÍLIO, 2012). Os mesmos autores afirmam que para minimizar ou suprimir tais impactos negativos são necessárias ações integradas de manejo sustentável, avaliando os sistemas antrópicos, físicos, químicos e biológicos em nível local ou regional. A partir deste contexto, a abordagem da bacia hidrográfica é fundamental na avaliação de impacto ambiental, por ser a unidade geográfica ideal para caracterizar, diagnosticar, avaliar e planejar o uso dos recursos.

³ Organização Mundial de Saúde (OMS) é uma agência subordinada à ONU especializada em saúde, ou seja, no estado de completo bem-estar físico, mental e social, e que não é somente da ausência de doença ou enfermidade.

Bacia hidrográfica é o conjunto de terras delimitadas por divisores de água nas regiões mais elevadas do limite topográfico (linha cumeada), geralmente drenadas por corpo hídrico principal e seus afluentes. A bacia hidrográfica e suas subdivisões são os sistemas adequados para avaliações dos impactos das atividades humanas, obtendo parâmetros e indicadores da quantidade e da qualidade da água, fatores diretamente relacionados com o uso e ocupação do solo (PORTO; PORTO, 2008).

A utilização da bacia hidrográfica como unidade de gestão de recursos hídricos ganhou destaque internacional na Conferência das Nações Unidas sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento - Rio 92 ou Cúpula da Terra. No mesmo ano, em Dublin, Irlanda, ocorreu sua reunião preparatória, onde foi declarado que a água doce é um recurso finito, vulnerável, essencial à vida e ao meio ambiente, com necessidade de integrar o desenvolvimento econômico, social à proteção de ecossistemas naturais (HESPANHOL, 2008).

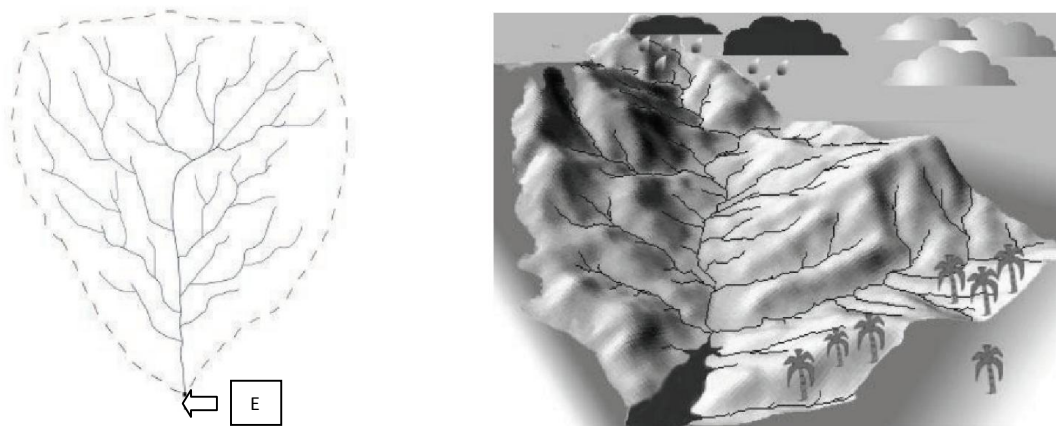
Desde a Constituição da República Federativa do Brasil (BRASIL, 1988) ficou instituída a necessidade da implantação de sistema nacional de gerenciamento de recursos hídricos, conforme artigo 21, inciso XIX. Este artigo fomentou a implantação da Política Nacional de Recursos Hídricos - PNRH por meio da Lei Nº 9.433 (BRASIL, 1997), que constitui no instrumento legal e específico para gestão de recursos hídricos. Esta Lei estabeleceu que a água é um recurso natural limitado, de domínio público, com valor econômico, cujo uso deve assegurar os padrões de qualidade e de disponibilidade para as gerações atuais e futuras, de forma a integrar a gestão do uso e da ocupação do solo, sendo a bacia hidrográfica a unidade territorial para implantação de suas políticas.

O uso das águas, solos e demais atividades na área de captação são refletidas no exutório⁴ à jusante, ponto E da Figura 2, por ser o local de passagem de toda água escoada oriunda da precipitação, não absorvida pelo solo, biomassa e evapotranspirada, e a análise quali-quantitativa da água representa a sanidade da bacia.

A subdivisão em microbacias permite pontuar problemas não identificáveis dentro da extensão de uma bacia hidrográfica. Esta decomposição permite identificar as fontes de degradação e sua natureza, de forma a fomentar medidas de manejo com o escopo de minimizar e/ou suprimir os impactos ambientais negativos.

⁴Exutório é o ponto de um curso d'água ou corpo hídrico onde todo escoamento superficial gerado no interior da bacia hidrográfica coincide, sendo o ponto inferior topograficamente onde converge toda descarga hídrica.

Figura 2 – Ilustrações de bacia hidrográfica, mostrando os divisores de água, as sub-bacias e a drenagem principal.



Fonte: CAMPANHARO; HOLLANDA; CECÍLIO, 2012 apud ANA, 2002.

Na jusante da bacia hidrográfica são observados impactos negativos antrópicos, como o descarte de efluentes líquidos, sanitários, industriais, urbanos, materiais das atividades agropecuárias, alterações de uso e ocupação do solo (MOURA; BOAVENTURA; PINELLI, 2010). Segundo os mesmos autores, tais sinais podem ser atenuados e camuflados pelos processos naturais, tais como precipitações, variações climáticas, resiliência natural do corpo hídrico e autodepuração.

Com o crescimento populacional, os centros urbanos apresentam maiores demandas quantitativa e qualitativa de água, o que é incoerente com as alterações e impactos negativos no ciclo hidrológico. Há inúmeras evidências de urbanização não planejada, tais como a impermeabilização, redução na taxa de infiltração, canalizações, poluição de ar e da superfície, provocando aumento da frequência de cheias, poluição difusa, degradação da qualidade da água e processos erosivos (ZAFFANI; MENDIONDO, 2012).

A ecohidrologia integra a hidrologia e a ecologia, e tem sido utilizada no planejamento urbano em nível de bacia hidrográfica, integrando fatores bióticos, abióticos e antrópicos. A ecohidrologia produz um modelo de gerenciamento dos recursos hídricos, acelerando a implantação do desenvolvimento sustentável, permitindo que os tomadores de decisão eliminem as ameaças como secas, inundações, fontes de poluição, garantindo resistência e resiliência (ZAFFANI; MENDIONDO, 2012). Os indicadores de qualidade física, química ou biológica da água são necessários para a avaliação dos diagnósticos e prognósticos das atividades humanas nos processos ecohidrológicos.

A relativa indiferença sobre a degradação da água é antagônica com a sua essencialidade. Todas as formas de redução de contaminação da água são essenciais, incluindo o escoamento superficial pluvial, que pode carrear poluição armazenada ou depositada em telhados, calçadas, ruas e sarjetas de áreas urbanas (ZULAUF, 2000). Se os parâmetros físicos, químicos e biológicos de contaminação forem superiores ao permitidos por lei, resoluções e normativas, a água deveria ser captada por rede própria e adequadamente tratada (ZULAUF, 2000).

Segundo May (2004), o uso sustentável dos recursos hídricos torna-se mais dependente à adaptação humana ao ciclo das águas à medida que a população cresce. O desenvolvimento de habilidades, conhecimentos, procedimentos e legislação para administração da água de forma integrada e abrangente têm o objetivo de manter a quantidade e a qualidade do suprimento. Para o consumo humano, a água deve ser potável, ou seja, livre de matéria suspensa visível, cor, sabor, odor ou de qualquer organismo ou substância química capaz de provocar efeitos fisiológicos prejudiciais (BRASIL, 2000).

2.3. APROVEITAMENTO DE ÁGUA PLUVIAL E CONTAMINAÇÕES

No século 5a.C. o filósofo grego Platão elaborou um código de leis em que apontava a importância de assegurar a qualidade da água, como forma de garantir a manutenção da vida. No Brasil, foi necessário aguardar até 1934, ano onde foi promulgado o primeiro diploma legal específico de proteção da qualidade dos recursos hídricos, o Decreto Nº 24.643 (BRASIL, 1934), conhecido como Código das Águas. Neste documento, definiu-se que as águas pluviais são aquelas que procedem das precipitações, pertencendo ao proprietário da área na qual a chuva incide, podendo ser utilizada de forma racional, não sendo permitida sua contaminação. Quando o escoamento superficial da água pluvial é contaminado, o proprietário infrator deverá executar tratamento deste efluente ou indenizar os trabalhos efetuados pela administração pública, podendo responder criminal e administrativamente pelo ocorrido.

A sanção pecuniária e a reparação do impacto da degradação ambiental destes efluentes contaminados derivam do princípio normativo do “poluidor-pagador”. Além disso, o Código das Águas fomenta a implantação de programas e metodologias de prevenção da poluição e gestão da qualidade da água, conforme Art. 225, parágrafo III da Constituição Federativa da República do Brasil (BRASIL, 1988) e do Art. 4, parágrafo VII da Lei Nº 6.938

- Política Nacional de Meio Ambiente (BRASIL, 1981), evitando assim medidas da Lei Nº 9.605, relativas a crimes ambientais (BRASIL, 1998).

Em nosso país, o modal de transporte rodoviário tem importância social e econômica, porém pode causar impacto ambiental devido à utilização de derivados de petróleo como composto de lubrificação e fonte energética. Toda cadeia produtiva e consumidora dos derivados de petróleo possuem normativas, procedimentos, diretrizes e legislações específicas, considerando que tais produtos e resíduos são potencialmente poluidores.

A Resolução CONAMA Nº 237 (CONAMA, 1997) lista todas as atividades sujeitas ao licenciamento ambiental. As etapas de extração do petróleo, transformação de derivados (como óleo lubrificante e combustível), transporte, armazenamento, revenda e a disposição final dos resíduos são passíveis de licenciamento. O órgão ambiental competente aprova a localização, a instalação, a ampliação e a operação de empreendimentos e atividades consideradas efetivas ou potencialmente poluidoras, além de determinar condicionantes com escopo de proteção ambiental.

Selecionando apenas a atividade de revenda de combustível e óleo lubrificante, a Resolução CONAMA Nº 273 (CONAMA, 2000) é o diploma legal orientador, que estabelece diretrizes para o licenciamento ambiental de postos de combustíveis e dispõe sobre prevenção da poluição, devido aos riscos potenciais de vazamentos, acidentes, incêndios, explosões e contaminações que podem impactar negativamente o meio antrópico, físico e biológico. Tanto os empreendedores como os órgãos licenciadores vêm adequando a tecnologia e os procedimentos à proteção ambiental.

Das atividades comumente efetuadas por postos de combustíveis, observa-se que as de armazenamento, abastecimento, lavagem de veículos, troca de óleo e filtros, são passíveis de contaminação da atmosfera, do solo e da água. Salienta-se que as atividades supracitadas devem ser efetuadas em áreas específicas, com superfícies impermeabilizadas e sistema de drenagem dos efluentes contaminados, geralmente através de canaletas, direcionando o líquido passível de contaminação para armazenamento temporário e tratamento (LORENZETT; ROSSATO; NEUHAUS, 2011). O tratamento deste efluente oleoso, oriundo de abastecimento de veículos, descarga de combustível, lavagem de veículos e troca de óleo é realizado em equipamento chamado caixa separadora de água e óleo (CSAO), que tem a finalidade de separar fisicamente produtos imiscíveis da água (ABNT, 2005).

Os óleos lubrificantes são comumente utilizados para fins automotivos, sendo um dos poucos derivados de petróleo que não são consumidos totalmente durante o uso. Após o período de uso recomendado, os óleos lubrificantes geram resíduos que são classificados como classe I – Perigoso, conforme NBR 10.004:2004 (ABNT, 2004). Estes resíduos são constituídos por compostos oxigenados (ácidos orgânicos e cetonas), compostos aromáticos polinucleares de alta viscosidade, resina, lascas, ácidos, metais de desgaste de componentes internos (zinco, ferro, chumbo, níquel, cádmio e cobre), além de poeira, fuligem e outras impurezas.

Elencando apenas alguns impactos ambientais: (a) os metais presentes nos óleos não são degradados biológica ou quimicamente, acumulando nos níveis tróficos da cadeia alimentar; (b) óleos dispostos irregularmente no esgoto sanitário provocam prejuízos nas estações de tratamento de águas residuais; (c) quando queimados de forma não controlada, contaminam o solo e a atmosfera; (d) quando dispostos sobre o solo, pode haver contaminação e percolação do solo de forma a atingir o lençol freático subterrâneo; (e) quando disposto em corpos hídricos, um litro de óleo pode contaminar um milhão de litros de água, podendo formar película de 5000 m² (SILVEIRA et al., 2006). Portanto, fica evidente o impacto ambiental negativo provocado pela atividade e a importância de toda normativa, técnicas e procedimentos de controle ambiental executados.

A fim de dar subsídios para a hipótese do presente estudo, citamos a norma para aproveitamento da água pluvial, a NBR 12.527 (ABNT, 2007), que determina os requisitos básicos para aproveitamento da água da chuva de cobertura em áreas urbanas para fins não potáveis. Este documento estabelece que a água pluvial incidente no telhado pode ser armazenada e utilizada para fins não nobres, tais como descargas sanitárias, irrigação de gramados/plantas, lavagem de veículos, limpeza de calçadas, ruas, espelho de água e uso industrial. Como a água da chuva sofre alteração de sua qualidade ao escoar em superfícies, a “primeira chuva” que incide sobre uma superfície, lava e carrega o material depositado no período de estiagem, e a concentração das substâncias presentes no escoamento diminui com a continuidade do evento pluviométrico.

Segundo Nakada (2012), a qualidade da água escoada é influenciada pela deposição de poluentes proveniente da atmosfera nas superfícies de telhados durante o período de estiagem, da intensidade da precipitação e do escoamento superficial. Portanto, a composição física, química e biológica da água pluvial escoada varia de acordo com a localização geográfica

(área urbana, rural ou natural) e com as condições meteorológicas (intensidade, duração, tipo de chuva, regime de ventos e estação do ano) (NAKADA; MORUZZI, 2014). Assim, a água da “primeira chuva” ou “de lavagem do telhado” tem qualidade desconhecida e variável com a localização geográfica e condições meteorológicas, porém reconhecidamente possui maior carga de sólidos e possíveis contaminantes (ABNT, 2007).

Em função da duração da chuva e da intensidade pluviométrica, a água escoada pode ser direcionada para o armazenamento, tratada de acordo com a utilização pré-definida, promovendo a remoção de sólidos e exclusão de microorganismos patogênicos. A água de “lavagem” inicial da superfície pode também ser descartada em galerias pluviais, vias públicas ou percoladas no solo, desde que não represente risco ao meio ambiente.

Expandindo o aproveitamento da água pluvial para outras áreas impermeabilizadas, tais como pátios, ruas, avenidas e áreas de estacionamento, além dos contaminantes presentes da água de escoamento de telhados, haverá contaminantes da circulação de veículos, tais como óleos e graxas.

A revisão bibliográfica conduzida por Vivacqua; Santos (2005) mostraram grande variação nas concentrações de poluentes das águas de chuva escoadas em áreas urbanas. As características da bacia, o tipo de uso e a ocupação do solo, a declividade, a densidade demográfica, os hábitos culturais da população, a área, a porcentagem impermeabilizada, o tipo da superfície, a intensidade do tráfego, a movimentação de pessoas e de animais, o modo e a frequência de limpeza da superfície foram fatores que influenciaram a concentração de poluentes em água de escoamento pluvial. Em média, as concentrações de poluentes sobre as ruas são maiores que aquelas encontradas nas calçadas e nos telhados, em proporção de 3,7 e 19,2 vezes, respectivamente.

Os parâmetros principais envolvidos no sistema de coleta e aproveitamento de água da chuva são a área de coleta, quantidade de água a ser armazenada, qualidade da água, capacidade de armazenamento e confiabilidade de sua qualidade (WARERU, 1999). Os parâmetros usualmente analisados para aproveitamento e estudos de qualidade de água do escoamento superficial pluvial são apresentados no Anexo 03.

2.4. CARACTERÍSTICAS DA FROTA NACIONAL

Os veículos terrestres são bens de produção, lazer e transporte de custo elevado que carregam pessoas, matérias-primas, insumos e produtos, de extrema importância no desenvolvimento sócio-econômico. Mesmo em condições ideais, a utilização dos veículos terrestres provoca riscos ambientais (CAMPOS; BELHOT, 1994).

Até o mês de maio de 2014, foram emplacados um total de 83.683.119 veículos no Brasil, sendo que destes, 44,4% ou 37.185.922 veículos possuem mais de 10 anos de uso, de acordo com as informações do Departamento Nacional de Trânsito (DENATRAN).

A tecnologia obsoleta frota veicular nacional, a qualidade das pistas de rolamento e a precariedade de manutenção aumentam riscos de congestionamento, de acidentes, perdas de vidas, danos patrimoniais, menor produtividade e maior impacto ambiental. Além disso, veículos mais antigos têm menor eficiência energética e geralmente os componentes desgastados são mantidos até a exaustão, utilizando assim a manutenção corretiva ao invés da preventiva. Devido a estes maiores riscos de quebras, estes veículos têm maior propensão de vazamentos, entre estes, o de óleos lubrificantes (OLIVEIRA E AGUIAR; JOAQUIM FILHO, 2011).

2.5. CARACTERÍSTICAS DO ÓLEO LUBRIFICANTE

O transporte automotivo e máquinas motorizadas são símbolos do mundo moderno, destinados e adaptados aos mais diversos fins, porém para seu ótimo funcionamento e maior durabilidade, depende de lubrificação periódica. Antagonicamente a simplicidade do ato de lubrificar, o óleo como matéria-prima e resíduo apresenta riscos à saúde humana, ao meio ambiente, e até para economia do país.

Os óleos lubrificantes são substâncias utilizadas com o objetivo de reduzir o atrito, aumentando a vida útil dos componentes móveis dos motores, além de refrigeração, limpeza, transmissão de forças mecânicas, vedação, isolamento e proteção, podendo ser de origem animal, vegetal, de petróleo ou sintética, além ainda da mistura de dois ou mais tipos (APROMAC, [2007?]).

Para alterar certas propriedades dos lubrificantes, principalmente em condições adversas de trabalho, são adicionados aditivos, com funções anticorrosivas, antioxidante, antiespumante, rebaixadores do ponto de fluidez, antiperspirante⁵, detergente-dispersante, alteradores do índice de viscosidade, agente de extrema pressão, etc.

As principais características dos óleos lubrificantes, conforme Camara; Peres; Chistianini (2010) são:

- Viscosidade: É a resistência que o fluido oferece ao escoamento e que deve ao movimento relativo entre suas partes (atrito interno), e quanto mais viscoso, mais difícil de escorrer. A viscosidade não é constante, variando com a temperatura.
- Índice de Viscosidade: É a variação da viscosidade com a temperatura, e quanto maior o índice, menor será a variação de viscosidade do óleo lubrificante.
- Densidade: É a massa volumétrica de óleo a certa temperatura.

A necessidade de padronização, especificamente dos óleos lubrificantes de uso automotivo, levou o Brasil adotar dois sistemas de classificação, a SAE e API.

A *Society of Automotive Engineers* - SAE⁶ classifica os óleos lubrificantes em três categorias de viscosidade (óleos de verão, inverso e multiviscoso). Genericamente os lubrificantes têm indicadores de 0W a 25W para viscosidade em baixa temperatura, e indicadores de 20 a 60, para viscosidade em alta temperatura.

Já a *American Petroleum Institute* - API⁷ diferencia os óleos por: (a) aplicação, utilizando a letra C (*Compression Ignition*⁸) ou “S” (*Spark Ignition*⁹), para motores de ciclo Diesel ou ciclo Otto respectivamente; e (b) desempenho, onde quanto mais próximo a letra for de Z, melhor o rendimento.

Após especificações do fabricante, prazo máximo de troca e condições de utilização de veículos automotores, os óleos lubrificantes sofrem deterioração e contaminação, reduzindo suas propriedades, e exigindo como consequência a substituição para garantir a integridade e

⁵Antiperspirante: que ou o que evita ou reduz a perspiração, antitranspirante.

⁶SAE: Sociedade de Engenheiros da Mobilidade.

⁷API: Instituto Americano de Petróleo.

⁸*Compression Ignition*: Ignição por Compressão.

⁹*Spark Ignition*: Ignição por Faisca.

bom funcionamento do motor ou equipamento. A substituição gera como subproduto ou resíduo chamado de óleo lubrificante usado ou contaminado, conhecido como “óleo queimado”.

Este resíduo não pode ser considerado detrito sem utilização, já que na sua composição há de 80 a 85% de óleo lubrificante básico, e há diversos processos tecnológicos de refinamento, minimizando a geração de resíduos classe I (ABNT, 2004).

Os óleos lubrificantes novos apresentam certo grau de perigo, e os usados ou contaminados recebem carga adicional em sua toxicidade original, já que houve degradação e contaminação, gerando diversos elementos tóxicos (metais pesados, dioxinas, ácidos orgânicos, cetonas e hidrocarbonetos policíclicos aromáticos) ao trabalhador, a população e ao meio ambiente.

Além dos impactos supracitados, são comuns usos ilegais, tais como queima combustível, adulteração de óleos acabados, adulteração de óleo diesel, utilização como desmoldante, formulação de graxas, lubrificação de corrente de motosserra, tratamento veterinário (mata bicheira), e impermeabilização de madeira e pisos.

O gerenciamento e uso inadequado de óleo novo e usado estão sujeitos a responsabilização administrativa, civil e criminal, tais como crime ambiental, crime contra a economia popular, sonegação fiscal, crime contra o consumidor, crime organizado (formação de quadrilha), responsabilidade trabalhista, responsabilidade civil e criminal pelos acidentes causados.

De forma genérica, o óleo veicular novo é pouco tóxico, não apresentando riscos à saúde humana em condições normais de uso. Já em casos de incêndios, os meios de extinção apropriados são a utilização de espuma, neblina de água, pó químico e dióxido de carbono, não sendo recomendável a utilização de jato de água, para evitar a dispersão do material. Em situações de derramamento ou vazamento, deve-se remover fontes de ignição, utilizar equipamentos de proteção individual, estancar o vazamento, evitar o escoamento para sistema de drenagem pública de esgoto, água pluvial e corpos hídricos. A limpeza do material derramado deve ser executada com o bombeamento para recipiente de emergência, que deve ser devidamente etiquetado e lacrado. A remoção do produto é por absorção e deve ser feita com diversos produtos, gerando assim resíduo contaminado, cuja destinação final deve ser feita de acordo com a legislação vigente.

Das informações ecológicas pertinentes, óleo lubrificante mineral veicular para motores apresenta baixa solubilidade, dificuldade de degradação em processos biológicos, baixa densidade e formação de “película” em contato com a água, que reduz a troca de oxigênio. Nos solos, o lubrificante apresenta baixa mobilidade, sendo facilmente adsorvido pelas partículas constituintes. Não apresenta bioacumulação sobre organismos aquáticos e nem causa toxicidade aguda, apesar de estar associado a infecções em peixes. O tratamento e disposição final devem levar em consideração que o produto é reciclável, devendo descartar em locais licenciados, nunca despejando em redes de esgoto, águas superficiais ou solo.

3. OBJETIVOS

3.1. OBJETIVO GERAL

Quantificar a concentração (miligrama por litro por minuto) e carga poluidora (miligrama por minuto) de óleo na água em intervalos de tempo pré-determinados, testando metodologias e utilizando modelo experimental físico que simule escoamento superficial de água e superfície impermeabilizada contaminada por óleo lubrificante, representando estacionamento de veículos sob passagem de escoamento de água pluvial com manchas de óleos em sua superfície.

3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Desenvolvimento de um sistema físico modelo de superfície impermeabilizada;
- Desenvolvimento de um sistema físico modelo de escoamento superficial de água a ser adaptado ao item anterior;
- Teste de metodologias e adaptações entre ensaios para coleta das amostras;
- Avaliação do tempo que corresponde ao pico máximo da concentração de óleo no efluente escoado na superfície impermeabilizada após adição de óleo lubrificante mineral veicular para motores;
- Avaliação do tempo em que há relativa estabilização na concentração de óleo no efluente escoado na superfície impermeabilizada após adição de óleo lubrificante mineral veicular para motores;
- Avaliação do efeito da limpeza química e mecânica na concentração de óleo no efluente aquoso escoado de superfície impermeabilizada após adição de óleo lubrificante mineral veicular para motores, comparando com efeito do carreamento pela passagem do escoamento superficial.

4. METODOLOGIA

4.1. LOCAL E ACESSO

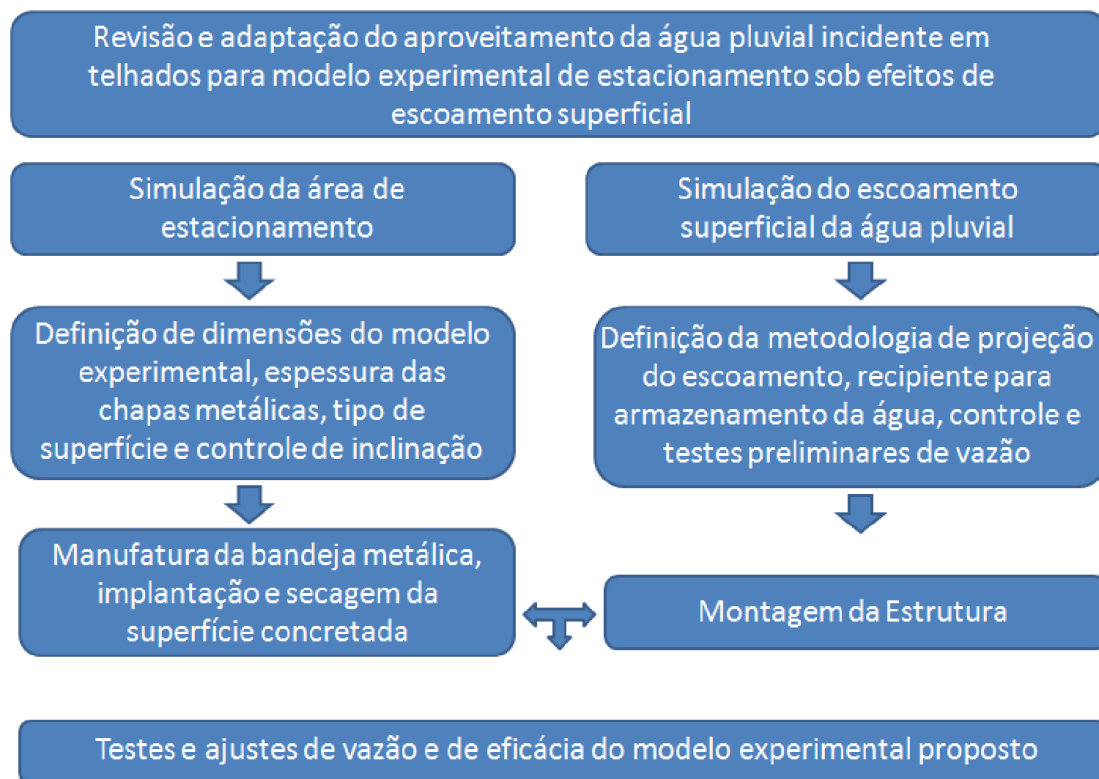
Os estudos de campo foram realizados nas dependências da Universidade Federal do Triângulo Mineiro, no Campus Univerdecidade, Unidade I do ICTE, em área coberta contra intempéries climáticas.

4.2. ELABORAÇÃO DO MODELO EXPERIMENTAL

Para montagem do experimento foi necessário o desenvolvimento de sistema modelo, simulando área de estacionamento e o escoamento superficial da água pluvial. Como a simulação tem propósito de assemelhar a um processo ou operação do mundo real, reduzindo as variáveis envolvidas, a idealização do modelo experimental (Figura 3) foi de importância primordial, revelando a etapa mais laboriosa e delicada, pois a partir da qualidade do modelo, poderá ter dados experimentais adequados. Procurou-se reduzir ao máximo as variáveis iniciais, alterando apenas as necessárias para adequação da metodologia, tais como vazão e quantidade de óleo disposto sobre a superfície impermeabilizada.

A escolha da metodologia para simular o escoamento superficial baseou-se em adequação e adaptação de técnica de sistema de irrigação do tipo gotejamento para o objetivo proposto. A grande qualidade do sistema é a uniformidade de aplicação de água (SOUZA et al., 2006). Já a simulação de área impermeabilizada foi planejada e executada com a redução da escala de um estacionamento e com formato de microbacia hidrográfica.

Figura 3 – Fluxograma na elaboração do modelo de superfície impermeabilizada e escoamento superficial.



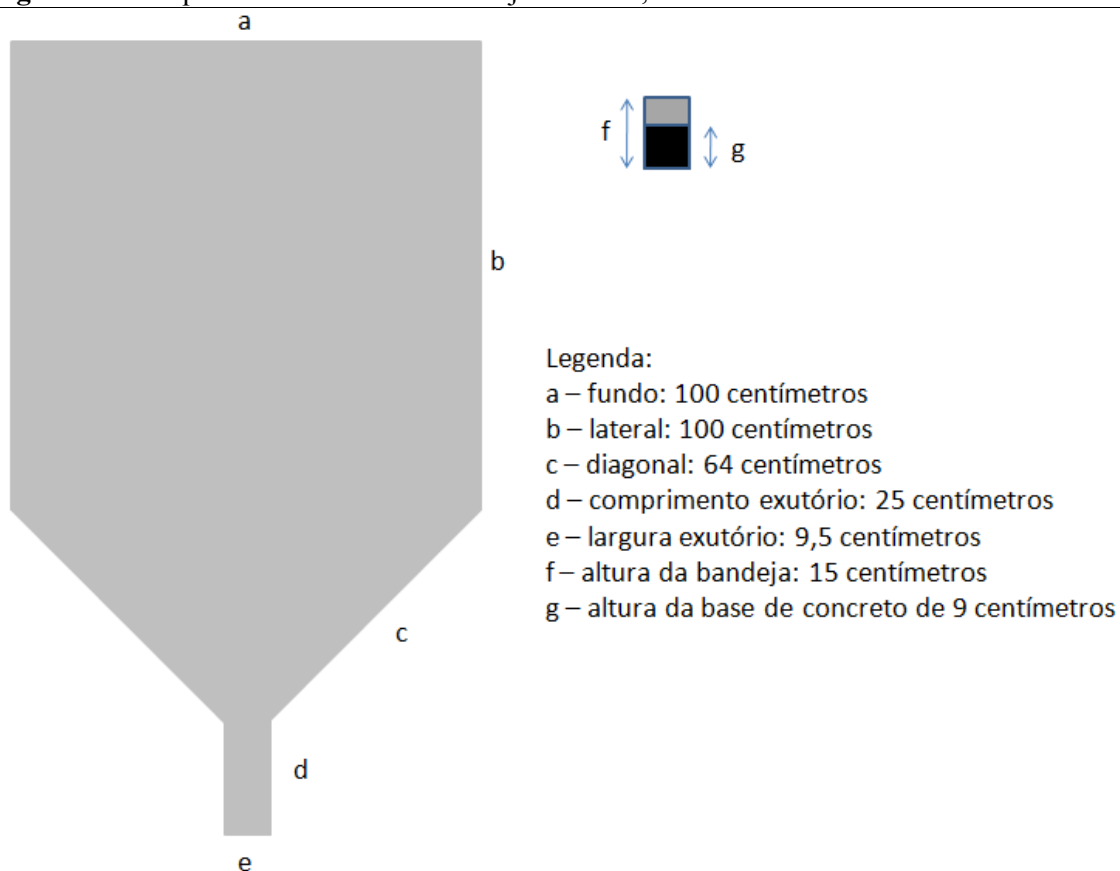
Fonte: do Autor, 2015

4.2.1. Simulação da área de escoamento

Para simulação do estacionamento, foi necessária a elaboração de sistema modelo físico de área de escoamento, com exutório único, tal como bacia hidrográfica. Das proposições principais, pelo fato de ser superfície quase que totalmente impermeabilizada, a infiltração e evaporação foi desprezada.

Foi idealizada bandeja metálica com espessura de chapa de 2,5 mm, para que no seu interior fosse implantada cobertura impermeabilizada. Esta espessura foi escolhida para que o peso da massa impermeabilizante, não permiti-se a movimentação da estrutura, danificando-a. As dimensões da bandeja podem ser visualizadas na Figura 4 (sem escala).

Figura 4 – Croqui das dimensões da bandeja metálica, com visões horizontais e verticais.



Fonte: do Autor, 2015.

Com área aproximada de $1,2 \text{ m}^2$, a bandeja possui exutório para coleta do efluente após a passagem da água de escoamento na superfície. Na composição do modelo, fez-se necessária a implantação de ganchos (tirante) (Figura 5) com a função de travar a camada de 9,0 centímetros de concreto (Figura 6). A escolha do concreto queimado na impermeabilização da bandeja deveu-se ao fato da facilidade de nivelção deste material e relativa lisura da superfície implantada, com menor possibilidade de aderência de sujeiras contaminantes em relação às outras modalidades de superfícies impermeabilizadas ou semi-impermeabilizadas. Salienta que o modelo ainda permite a implantação de diversas coberturas.

Figura 5 – Bandeja metálica contendo ganchos para fixação do concreto (seta).



Fonte: do Autor, 2014.

Figura 6 – Implantação e nivelamento do concreto queimado.



Fonte: do Autor, 2014.

Figura 7 – Apoio do aparato com tijolos e redução da secção da vazão do exutório manufaturada com massa adesiva epóxi.



Fonte: Do Autor, 2015.

Figura 8 – Macaco hidráulico para utilizado na calibração da inclinação da bandeja.



Fonte: Do Autor, 2015.

No exutório da bandeja, foi implantada uma estrutura confeccionada com massa adesiva epóxi (Durepox®) no formato de funil, a fim de reduzir a secção transversal do vertedor e facilitar a coleta das amostras (Figura 7). Para suporte e elevação do modelo experimental, inicialmente foram utilizados tijolos (Figura 7).

A base oposta da bandeja, inicialmente era sustentada por tijolos, porém fez-se necessária a calibração do nivelamento através de macacos hidráulicos (Figura 08), com o escopo de manter plano o aparato e permitir que a água afluyente escoasse homogeneamente por toda a superfície. A cada experimento, a inclinação da bandeja foi recalibrada com a utilização de um nível de bolha em diversos locais da extensão do aparato, certificando-se que a mesma encontrava-se plana. A configuração final do aparato é mostrada na Figura 9.

Figura 9 – Configuração final do modelo experimental da superfície impermeabilizada.



Fonte: Do Autor, 2015.

4.2.2. Elaboração do sistema de escoamento superficial

Para simulação do escoamento superficial da água pluvial, foi elaborado um sistema de armazenamento de água utilizando uma caixa plástica com capacidade de 1000 litros, de água oriunda do Centro Operacional de Desenvolvimento e Saneamento de Uberaba – CODAU. Na saída da caixa d'água, foi implantada uma válvula de 50 milímetros (1.31/32 polegadas) (Figura 11) com redutor de diâmetro interligado a um tubo com calibre de 25 milímetros (1 polegada) e extensão de 150 centímetros. Os 100 centímetros finais deste tubo foram posicionados sobre a bandeja, na base oposta ao exutório (Figura 10). Neste tubo foram feitos orifícios de diâmetro de 2,5 mm (Figura 10), de forma a permitir a vazão de água sobre a bandeja.

Figura 10 – Tubulação de diâmetro 25 mm com furos de 2,5 mm. **Figura 11** – Detalhes da caixa de água, válvula e tubulação de 25 mm.



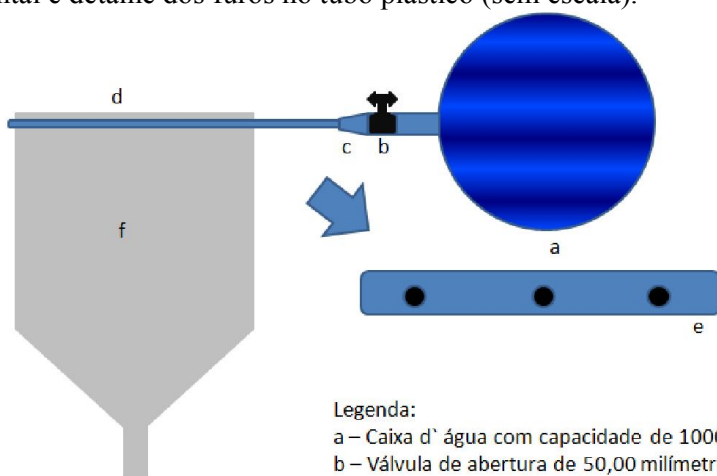
Fonte: Do autor, 2015.



Fonte: Do autor, 2015.

Os furos implantados na tubulação tiveram dois diferentes espaçamentos. No primeiro ensaio, foram implantados 17 furos espaçados a cada 5 cm, que resultou em uma vazão de escoamento de 7,00 L/min, que corresponde a 5,66 L/m²/min. Nos demais ensaios, foram implantados 12 furos espaçados a cada 8,33 cm, que resultou em vazão de 5,00 L/min, que corresponde a 4,05 L/m²/min. Portanto, a alteração do espaçamento e o diâmetro dos furos permitem a variação da vazão do afluyente, simulando a precipitação e, por consequência, o escoamento superficial (Figura 12).

Figura 12 – Croqui do sistema simulador da precipitação e escoamento superficial, com visão horizontal e detalhe dos furos no tubo plástico (sem escala).



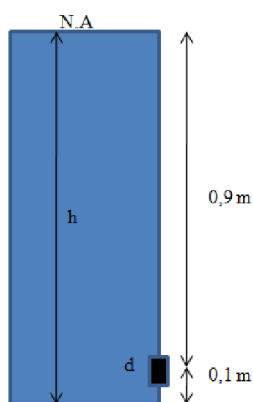
Legenda:

- a – Caixa d' água com capacidade de 1000,00 litros
- b – Válvula de abertura de 50,00 milímetros
- c – Redutor de vazão de 50,00 para 25,00 milímetros
- d – Tubo plástico de 25,00 milímetros
- e – Furos de 2,50 milímetros
- f – Bandeja

Fonte: do Autor, 2015.

Salienta-se que conforme a continuidade do experimento, para a vazão máxima de 5,66 L/m²/min, a altura da coluna de água era reduzida em taxa inferior a 0,50 centímetros por minuto. No intervalo de tempo de 20 minutos, ou seja, tempo de coleta das amostras, a alteração da altura da coluna de água foi inferior a 10 centímetros, que representa cerca de 5,6 % da variação da vazão (Figura 13). Outra informação pertinente é que do ensaio 1 para os restantes houve alteração da vazão, e esta objetivou adequar a vazão máxima a um recipiente de 5 litros e reduzir a quantidade de análises laboratoriais por intervalo de tempo.

Figura 13 – Desenho esquemático de corte da caixa de água e Memorial de cálculo da pressão da coluna de água.



- 1) Por ser abertura com perímetro fechado, o escoamento ocorre através de pressão;
- 2) Partindo da premissa que a energia potencial é igual a cinética e;
- 3) A abertura com forma geométrica circular de pequena dimensão em relação a coluna de água, o escoamento da água possui carga e velocidade variável, devido a alteração do nível da água;
- 4) Já a abertura apresenta seção contraída, com Coeficiente de Contração (C_c) de 0,617;
- 5) Desprezando a velocidade do nível da água, e aplicando a Equação de Bernoulli, a velocidade de saída de água é apresentada através da fórmula $V_t = \sqrt{2 * g * h}$;
- 6) Considerando escoamento do fluido ideal e seção contraída da saída de água, o Coeficiente de Descarga para o diâmetro de orifício de 2,5 mm é 0,617;
- 7) Como a Vazão (Q) é área x coeficiente x velocidade, $Q = A * C_d * \sqrt{2 * g * h}$;
- 8) A vazão por orifício, tendo ciência da variação da coluna de água de 0,9 para 0,8 metros, apresenta o seguinte memorial de cálculo:

	Ø aparente (mm)	Ø real (mm)	Raio (m)	Área m ²	Cd	g	h	Q (m ³ /s)	Q (m ³ /min)	Q (L/min)
Q min0	2,5	1,85	9,25E-04	2,69E-06	0,617	10	0,9	7,03E-06	4,22E-04	0,42
Q min20	2,5	1,85	9,25E-04	2,69E-06	0,617	10	0,8	6,63E-06	3,98E-04	0,40

- 9) Comparando as vazões, a redução foi de 5,6%.

Fonte: do Autor, 2015.

A NBR 10.844 (ABNT, 1989) define a duração da precipitação como o intervalo de tempo de referência para determinação de intensidade pluviométrica, e esta como o quociente entre a altura pluviométrica precipitada num intervalo de tempo. Como duração e intensidade pluviométrica são variáveis, a comparação ocorreu através da série histórica.

Como referencial teórico, segundo Silva; Guimarães; Tavares (2003), em análise aos normais climatológicos, observaram a variabilidade espacial e temporal da precipitação pluviométrica, mensal e anual do período compreendido entre 1914 a 2000, dos dados referentes à Estação Climatológica de Uberaba – Estação Experimental Getúlio Vargas, onde em média, o Município possui média anual de 1.476,30 mm, com 104 dias de precipitação superior a 1,0 mL, ou seja, média de 14,2 mL. Como não há informações em relação à

duração da precipitação, definiu-se que o evento pluviométrico em média dura 30 minutos, representando assim 0,47 mL/min.

Deduzindo que o escoamento superficial da água pluvial, além da área precipitação direta, há também a água proveniente do escoamento da montante, os valores de vazão simulam a realidade, pois representam no máximo 8,50 vezes a precipitação direta, e qualquer alteração da intensidade pluviométrica pode ser compensada ou justificada.

4.2.3. Simulação da poluição por óleo lubrificante veicular

O vazamento de óleo veicular pode ser causado por diversos fatores, tais como o excesso de óleo, desgaste da junta do cabeçote, retentores e problemas no cárter. Os pingos e poças de óleo geralmente não representam ameaça importante para o funcionamento do veículo, porém pode manchar e contaminar as superfícies, pois têm tamanhos e volumes variáveis.

O elemento de referência escolhido para simular a poluição foi o óleo lubrificante mineral veicular para motores novos, da marca *Bardahl Max Oil Long Life 20W50®* (API SL/CF, ACEA A3/A2). No Anexo 1, são observadas as características de um produto similar através da Ficha de Informações de Segurança de Produto Químicos, o óleo lubrificante *FI Master Plus SAE 20W50®*.

A poluição por óleo foi simulada pelo lançamento de óleo lubrificante novo através de seringa de 20 mL sobre a superfície concretada da bandeja. A quantidade de óleo lubrificante sobre a superfície foi deduzida, pois os volumes possíveis de vazamentos são variáveis. No presente estudo foram testadas duas quantidades de óleo lubrificante, sendo 120 e 200 mL, a fim de obter níveis detectáveis de óleo no efluente.

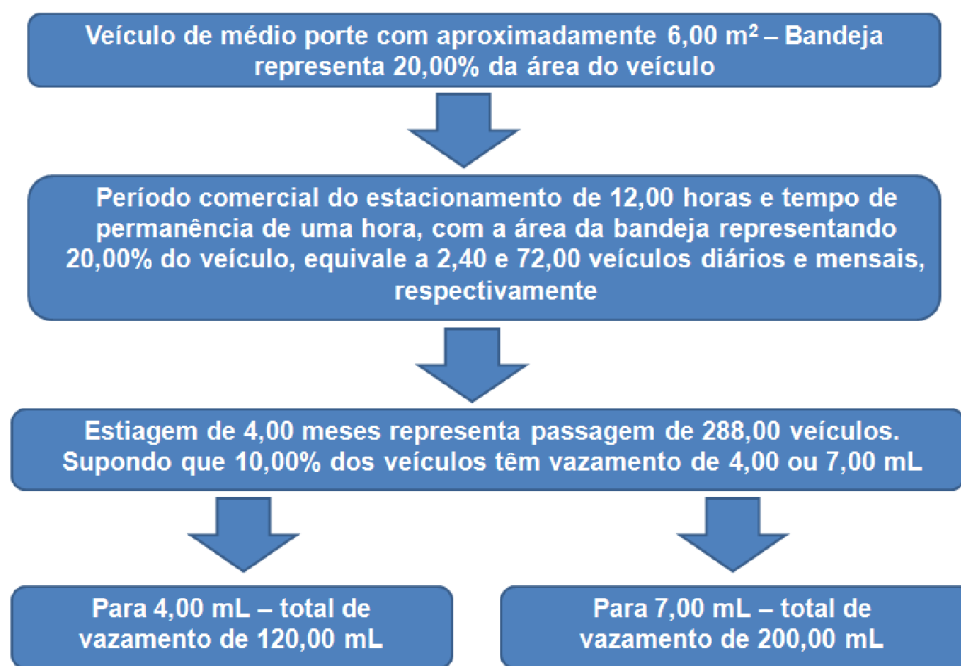
A determinação da quantidade do óleo suficiente para contaminação da bandeja baseou-se em cálculos que consideram o rodízio de carros em uma área de estacionamento padrão, além do volume de vazamento de óleo lubrificante nos veículos estacionados.

Considerando que um veículo automotivo de médio porte ocupa área útil de 6,0 m², período comercial do estacionamento de 12 horas e tempo de permanência de uma hora, a área da bandeja representa 20,00% de um veículo, valor este equivale a 2,4 e 72 veículos, diários e mensais, respectivamente. Supondo período de estiagem de quatro meses (120 dias),

neste intervalo de tempo terão estacionados 288 veículos pela área de estudo. Para cálculo do volume de vazamento do óleo lubrificante, considerou-se que 10% da frota (28,8 veículos) possuem vazamento, com perda unitária de quantidade de 4 ou 7 mL.

No período de estiagem (4,00 meses), a carência de chuva acarreta o acúmulo de óleo no piso, conforme fluxograma da Figura 14, contaminando a superfície impermeabilizada (Figura 15 e 16).

Figura 14 – Fluxograma para cálculo aproximado de óleo lubrificante disposto sobre a superfície da bandeja.



Fonte: Autor, 2015.

Figura 15 – Óleo lubrificante recém disposto sobre a superfície concretada.



Fonte: Do Autor, 2015.

Figura 16 – Bandeja concretada com manchas oleosas secas.



Fonte: Do Autor, 2015.

No primeiro experimento foi utilizada quantidade de 120 mL de óleo lubrificante, e houve a suspeita de que o óleo penetrou na superfície concretada. Por tal motivo, no segundo ensaio, a área útil da bandeja foi untada com 400 mL de óleo (Figura 17), e após um intervalo de estabilização e absorção de 5 dias, houve passagem de água com vazão de 4,05 L/m²/min, durante 40 minutos, objetivando a limpeza/carreamento do excesso. Salienta-se que mesmo após a passagem da água, a superfície ficou oleosa, comprovada por sinais visuais e táteis.

Figura 17 – Bandeja concretada untada com óleo lubrificante.



Fonte: Do Autor, 2015.

4.2.4. Limpeza química e mecânica da área da bandeja

Imediatamente após cada experimento em que foi feita a coleta dos efluentes, procedeu-se a remoção do excesso do óleo aderido à superfície da bandeja (Figura 18). O procedimento seguiu as seguintes etapas: (a) fechamento da válvula de controle de vazão da água e disposição de detergente Lava Louças Neutro Uzzi® em quantidade aproximada de 100 mL, suficiente para cobrir toda a superfície da bandeja; (b) após período de 10 minutos, suficiente para a reação entre o óleo e o detergente, a área foi esfregada com escova de limpeza de roupa e bucha específica para uso doméstico durante período médio de 15 minutos; (c) a válvula foi novamente aberta para a remoção e coletado efluente com óleo e surfactante.

Figura 18– Remoção manual do óleo utilizando bucha e surfactante.



Fonte: Do Autor, 2015.

4.3. METODOLOGIA EXPERIMENTAL

Por se tratar de um modelo de experimento que não foi previamente testado, foram propostos e executados três ensaios com intuito de diagnosticar a eficiência da representação em escala reduzida de estacionamento com superfície impermeabilizada, contaminada por óleo lubrificante veicular, sob escoamento superficial simulado.

É importante salientar que dados coletados e observados no Ensaio 1 influenciaram adaptações no Ensaio 2, e conseqüentemente no Ensaio 3, e resumidamente houveram alterações quanto: (a) vazão do escoamento superficial; (b) volume de óleo lubrificante disposto sobre a bandeja concreta da; (c) intervalo de tempo de coleta do efluente (1 ou 2 minutos); (d) volume de efluente após a remoção química (1 litro ou volume total no intervalo de 1 minuto); e (e) número de amostras coletadas após remoção química e mecânica (1 ou 4 amostras sequenciais em tempos diferentes). Os ensaios e coletas de dados estão sumarizados nos Quadros observados no Anexo 2,

Em função do volume a ser coletado em cada intervalo do estudo, as amostras foram acondicionadas em garrafas plásticas de 1 ou 6 litros, previamente higienizadas, identificadas com caneta apropriada.

No momento dos ensaios, procederam-se as coletas das amostras de acordo com o delineamento previamente proposto (Figura 18 a 21). As amostras foram armazenadas em local fechado, protegidas de luz solar, em temperatura ambiente, até o momento das análises laboratoriais.

Figura 19 – Coleta do efluente em garrafas plásticas de 1 L, no Ensaio 1.



Fonte: Do Autor, 2015.

Figura 20 – Coleta do efluente em garrafas plásticas de 1 L, no Ensaio 2.



Fonte: Do Autor, 2015.

Figura 21 – Coleta do efluente em garrações de 6 L.



Fonte: do Autor, 2015.

Figura 22 – Coleta do efluente após a limpeza da bandeja, em garrações de 6 L.



Fonte: do Autor, 2015.

4.4. ANÁLISES LABORATORIAIS

Os ensaios foram realizados no Laboratório de Química do Programa de Mestrado Profissional em Inovação Tecnológica (PMPIT) no Instituto de Ciências Exatas e Tecnológicas I (ICTE) da Universidade Federal do Triângulo Mineiro, Campos Univerdecidade, Uberaba, Minas Gerais.

O procedimento para determinação do teor de óleo foi realizado conforme metodologia padrão (*Standard Methods – 5220 Oil and Grease*) de extração *Soxhlet* (ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY, 2001).

As amostras de efluente de 1,00 L, primeiramente foram acidificadas com 5,00 mL de HCl (ácido clorídrico) na proporção de 1:1, com o objetivo de hidrolisar sabões metálicos solúveis. Em Funil de Separação de 1000,00 mL (Figura 23) foi adicionado 100,00mL de *n*-hexano ($\text{CH}_3(\text{CH}_2)_4\text{CH}_3$) mais o efluente previamente acidificado, promovendo assim a separação de fases (Figura 24).

Obtida a fase solvente e óleo no balão de separação, foi aplicada a extração *Soxhlet* (Figura 25), onde o balão com a solução é aquecido por 20,00 minutos, com uso de manta aquecedora elétrica, objetivando ebulição do *n*-hexano, que ocorre em temperatura de 68,00 a 70,00 °C. Salienta-se que o solvente é recuperado no condensador.

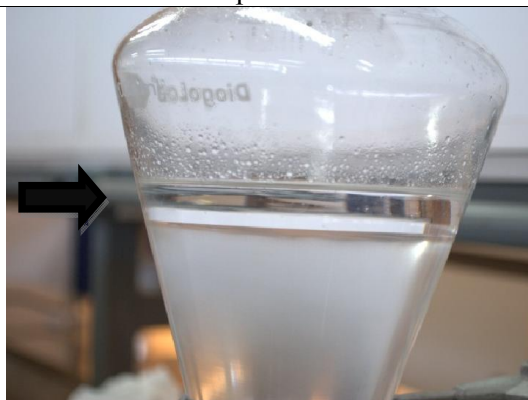
Após a extração, o balão com resíduos oleosos é levado para estufa, com temperatura de 103° C para evaporação dos compostos volatilizados abaixo desta temperatura. Por fim, o resíduo remanescente (Figura 26) foi pesado para quantificação do óleo (em g/L) (Figura 27).

Figura 23 – Funil de Separação de 1000,00 mL.



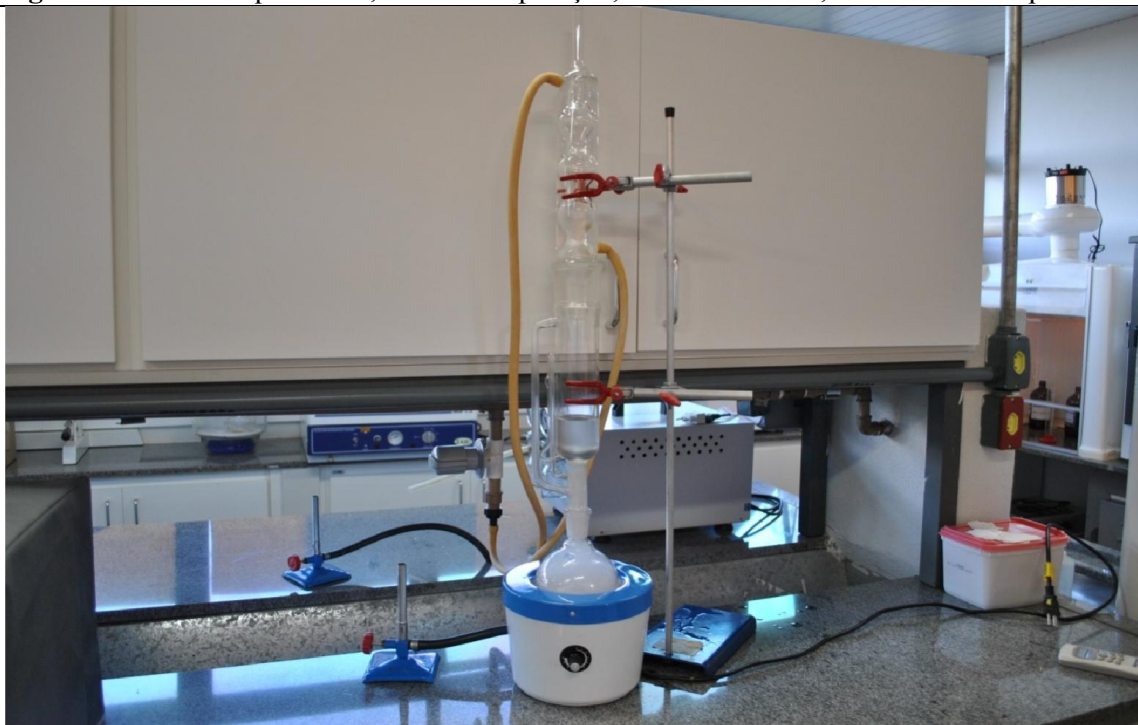
Fonte: Do autor, 2015.

Figura 24 – Separação de fases, com solvente e óleo evidenciado pela seta.



Fonte: Do autor, 2015.

Figura 25– Manta aquecedora, balão de separação, extrator Soxhlet, condensador e apoio.

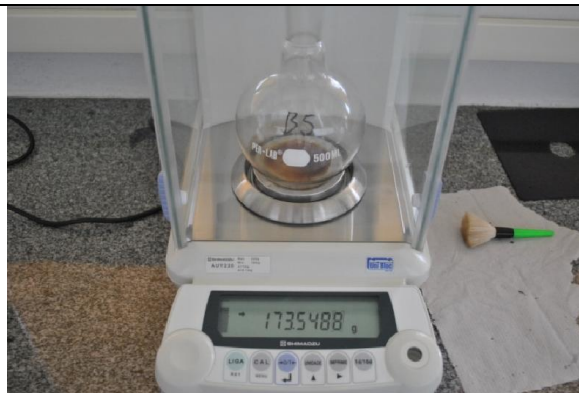


Fonte: Do autor, 2015.

Figura 26 – Resíduo remanescente de **Figura 27** – Mensuração da massa do óleo.
óleo.



Fonte: Do autor, 2015.



Fonte: Do autor, 2015.

4.5. ANÁLISE E GRÁFICOS

Os dados foram tabulados em planilha EXCEL® e a análise comparativa foi feita com o auxílio do software *Statistica 8.0*®.

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

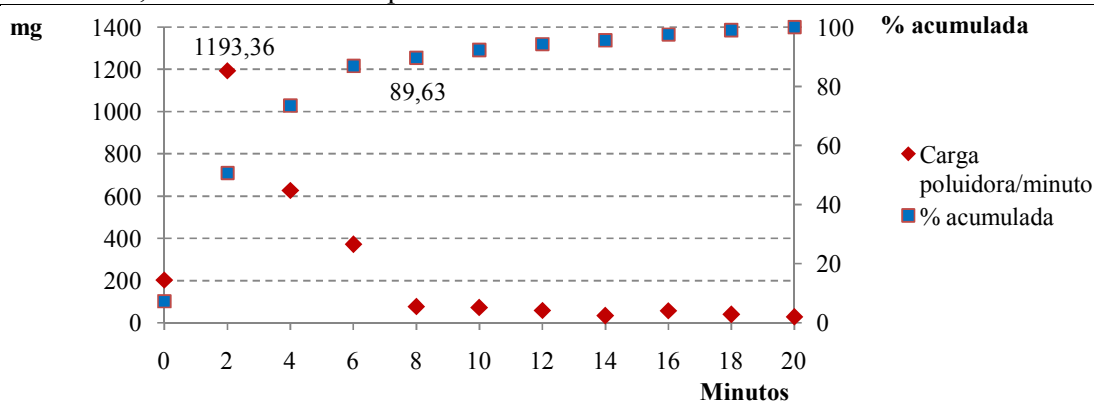
5.1. ENSAIOS

5.1.1. Ensaio 1

Os resultados do Ensaio 1 são apresentados nas Figuras 28 a 31. As especificidades deste ensaio são: (a) vazão de $5,66 \text{ L/m}^2/\text{min}$; (b) lançamento de 120 mL de óleo lubrificante veicular; (c) coleta de amostras de efluente oleoso a cada 2 minutos e; (d) coleta de 1 L de amostra após a remoção química e mecânica do óleo aderido na superfície.

A Figura 28 mostra a carga poluidora (mg/min) e a porcentagem acumulada nas amostras dos efluentes contaminados, no intervalo de tempo (minutos). Para cálculo da carga poluidora, multiplicou-se a concentração pela vazão por metro quadrado. O pico de carga poluidora do efluente é atingido no 2º minuto ($1.193,36 \text{ mg}/\text{min}$), seguido decréscimo abrupto até o 8º minuto, e a partir deste, os valores tornam-se constantes, já acumulando cerca de 89,63%.

Figura 28 – Carga poluidora (mg/min) e porcentagem acumulada nas amostras dos efluentes do Ensaio 1, no intervalo de tempo de coleta de dados.

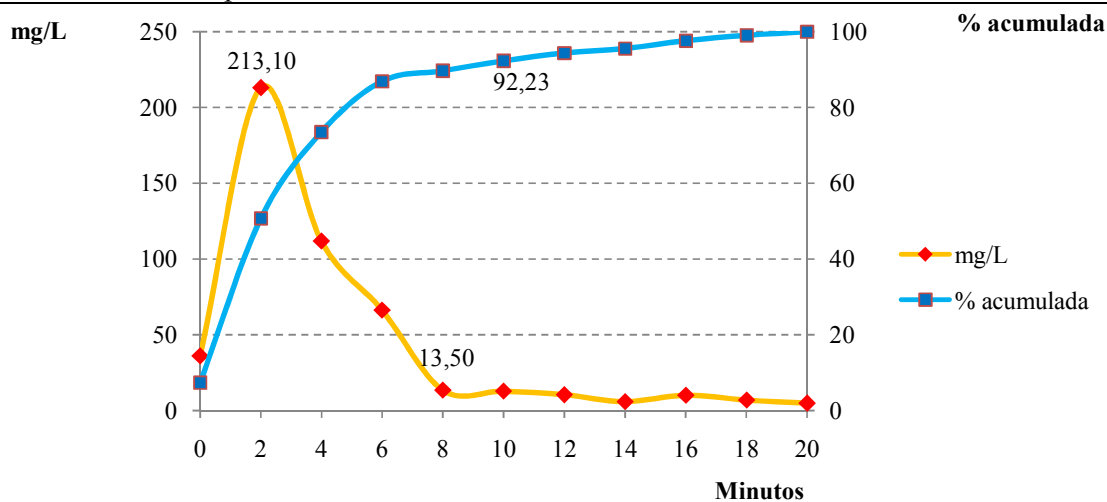


Fonte: do Autor, 2015.

A Figura 29 mostra a concentração (mg/L) e porcentagem acumulada nas amostras dos efluentes contaminados, nos intervalos de tempo (minutos), em gráfico de dispersão com linhas suaves, apresentando perfil semelhante ao da figura 28. O auge de concentração de óleo no efluente é atingido no 2º minuto ($213,10 \text{ mg}/\text{L}$), com decréscimo abrupto até o 8º minuto ($13,50 \text{ mg}/\text{L}$), sendo que a partir do 10º minuto, os valores tornam-se baixos, relativamente constantes, já acumulando 92,23%. Considerando a concentração observada no 8º minuto, o

efluente poderia ser lançado *in natura* diretamente em corpo hídrico receptor, pois está abaixo dos 20 mg/L, conforme Artigo 16, da Resolução CONAMA N°430 (2011).

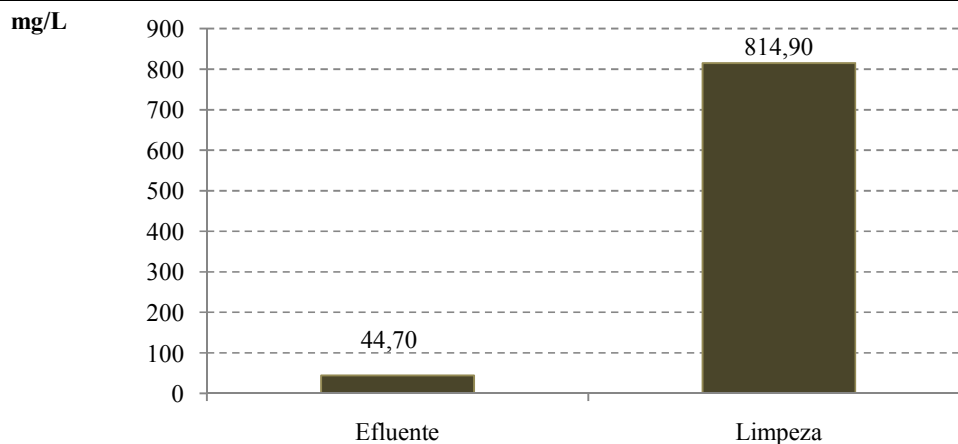
Figura 29 – Concentração e porcentagem acumulada nas amostras dos efluentes do Ensaio 1, no intervalo de tempo de coleta de dados.



Fonte: do Autor, 2015.

Posteriormente ao escoamento superficial, houve limpeza da superfície da bandeja por meio químico e mecânico, demonstrando efetividade se comparado a passagem do escoamento superficial da água, pois removeu 814,90 mg/L de óleo, concentração esta 18,23 vezes superior à média (44,70 mg/L), conforme Figura 30. A concentração do efluente após remoção química e mecânica ainda é 1,65 vezes superior ao somatório acumulado do efluente do escoamento superficial (491,70 mg em 11 litros).

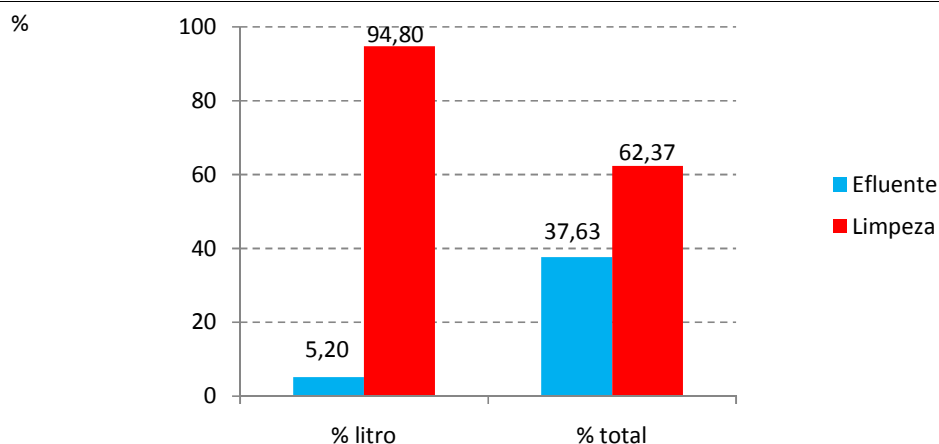
Figura 30 - Comparativo das análises dos efluentes do escoamento superficial e 1ª água de lavagem após limpeza química e mecânica, em mg/L, relativa ao Ensaio 1.



Fonte: do Autor, 2015.

Estes valores evidenciam que a maior parte do óleo contaminante foi removido por meio químico e mecânico, sendo superior 94,80% e 62,37%, respectivamente a passagem do escoamento unitário médio e acumulado, conforme observado na Figura 31. Uma constatação observada é que houve absorção de óleo pelo concreto, fato este que alterou o ensaio subsequente.

Figura 31 - Comparativo das análises dos efluentes do escoamento superficial e 1ª água de lavagem após limpeza química e mecânica, em porcentagem (%), relativa ao Ensaio 1.



Fonte: do Autor, 2015.

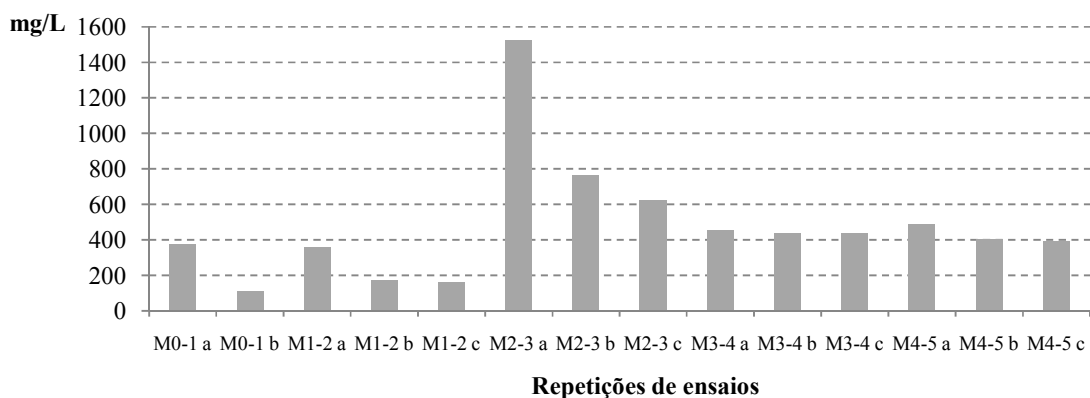
5.1.2. Ensaio 2

Os resultados do Ensaio 2 são apresentados nas Figuras 32 a 36. A especificidade deste ensaio é que houve: (a) disposição de óleo lubrificante na totalidade da área, saturando a absorção pelo concreto, e posterior limpeza do excesso através da passagem do escoamento da água por 30 minutos; (b) lançamento de 200 mL de óleo lubrificante veicular; (c) redução da vazão para 4,05 L/m²/min; (d) coleta e análise do volume integral nos 5 intervalos de tempo (minutos), de 1 L do sexto ao décimo minuto e, de 1 L a cada dois minutos até o vigésimo minuto e; (e) coleta integral no intervalo de um minuto, após a remoção química e mecânica do óleo aderido na superfície.

A coleta do volume integral nos cinco primeiros minutos tinha como objetivo a análise de todo efluente por intervalo de tempo (minuto), fato este que orientou a redução da vazão, conforme item c do parágrafo anterior. Constatou-se que independente da vazão de entrada, o volume do efluente oleoso vertido no exutório do modelo físico experimental foi crescente nos três primeiros minutos, até a estabilização, pois há formação de lâmina de água.

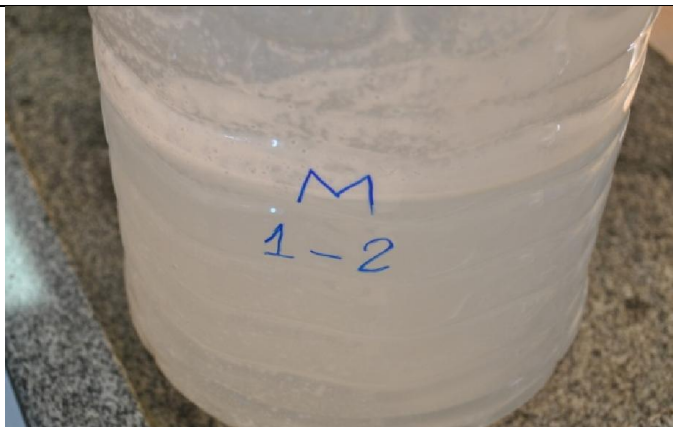
O esforço de coleta e análise da totalidade do efluente no intervalo de tempo, com armazenamento em garrações plásticas de 6 L e posterior separação do volume em amostras de 1 L não é adequada, conforme Figura 32. A constatação é justificada devido à hidrofobia do óleo em relação à água, e à diferença de densidade, mostrado pela formação de camada oleosa (Figura 33). Em um mesmo intervalo de tempo, a primeira análise revelava-se com maior teor de óleo, e para evitar viés analítico, a média de concentração (mg/L) foi utilizada na análise dos dados.

Figura 32 - Comparação das concentrações (mg/L) dentro de um mesmo intervalo de tempo (minuto inicial até minuto final de coleta, sendo a letra a repetição), em análise sequenciais, relativa ao Ensaio 2.



Fonte: do Autor, 2015.

Figura 33 - Camada oleosa da coleta integral do efluente do intervalo de tempo de 1 a 2 minutos (M 1-2).

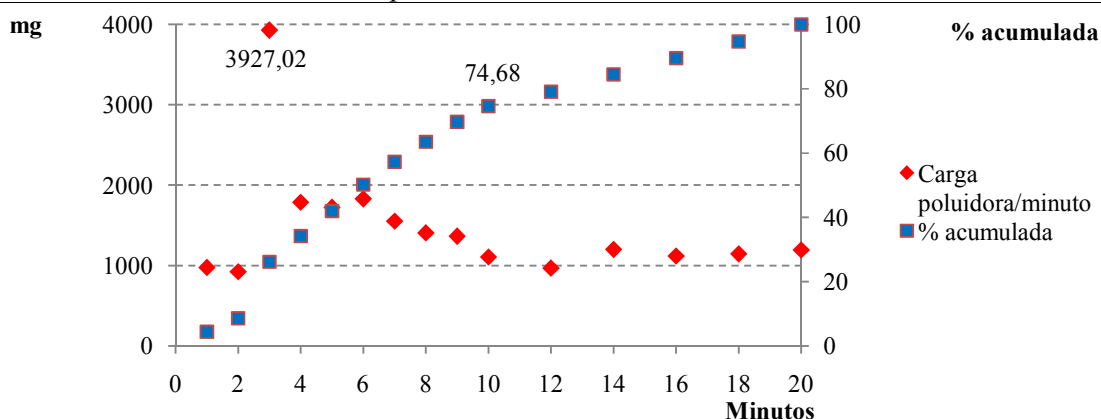


Fonte: do Autor, 2015.

A Figura 34 mostra a carga poluidora (mg/min) e a porcentagem acumulada nas amostras dos efluentes contaminados, nos intervalos de tempo (minutos). O pico da carga

poluidora é atingido no 3º minuto (3.927,02 mg/min), seguido decréscimo abrupto no 4º minuto, decréscimo suave até o 8º minuto, já acumulando 74,68%, e relativa estabilização.

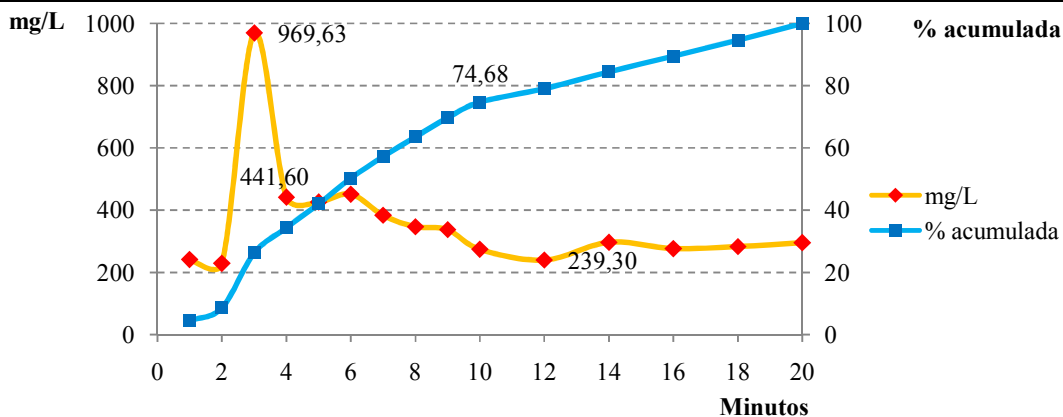
Figura 34 – Carga poluidora (mg/L) e porcentagem acumulada nas amostras dos efluentes do Ensaio 2, no intervalo de tempo de coleta de dados.



Fonte: do Autor, 2015.

A figura 35 mostra a concentração (mg/L) e porcentagem acumulada nas amostras dos efluentes contaminados, nos intervalos de tempo (minutos), em gráfico de dispersão com linhas suaves, apresentando perfil semelhante ao da figura 33. O pico de concentração de óleo no efluente é atingido no 3º minuto (969,63 mg/L), com decréscimo abrupto no 4º minuto (441,60 mg/L), e queda suave até o 10º minuto até relativa estabilização, acumulando 74,68%. Diferentemente do Ensaio 1, o efluente não pode ser lançado *in natura* diretamente em corpos hídricos, pois a concentração observada é mais que dez vezes a permitida, e mais de 2 vezes se fosse oriunda de Estação de Tratamento de Esgoto, conforme artigos 16 e 21 da Resolução Nº 430 do CONAMA, 2011.

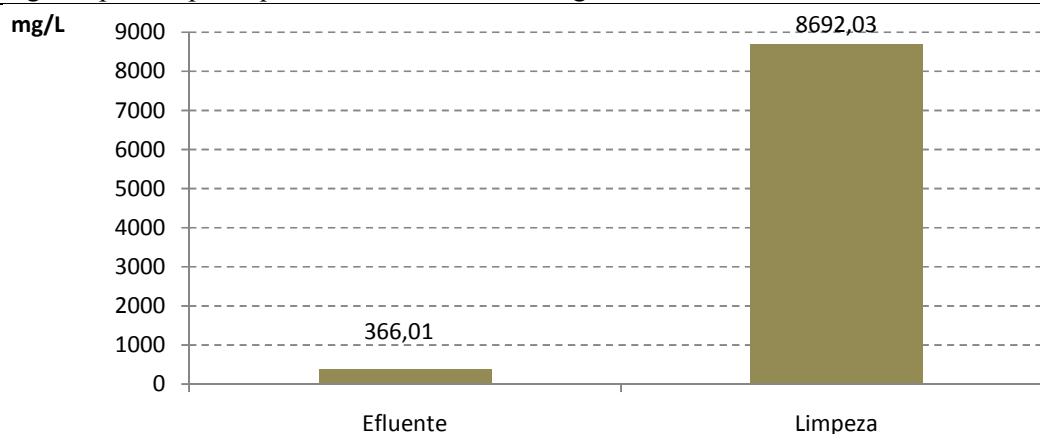
Figura 35 - Concentração de óleo e porcentagem acumulada nas amostras do efluente do Ensaio 2, de acordo com o intervalo de tempo.



Fonte: do Autor, 2015.

Posteriormente ao escoamento superficial, houve limpeza da superfície por meio químico e mecânico, que removeu 8.692,03 mg/L de óleo no efluente, quantidade 23,75 vezes superior à média de 366,01 mg/L pela passagem do escoamento superficial (Figura 36). Salienta-se que foi coletada uma amostra relativa a todo o escoamento no intervalo de um minuto, e o comportamento foi semelhante ao apresentado na Figura 30, ou seja, 1ª amostra com maior concentração de óleo do que a 2ª.

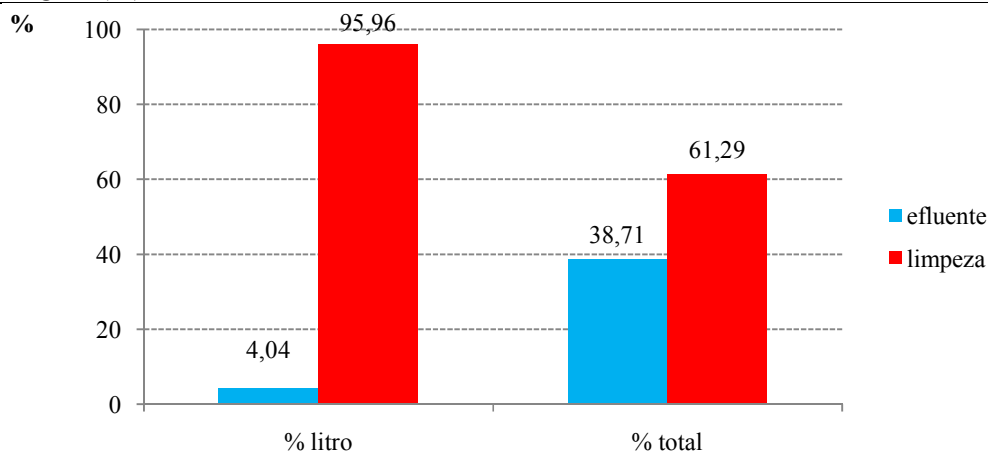
Figura 36 - Comparativo das análises dos efluentes do escoamento superficial e 1ª água de lavagem após limpeza química e mecânica, em mg/L.



Fonte: do Autor, 2015.

Estes valores evidenciam que a maior parte do óleo contaminante foi removido por meio químico e mecânico, sendo superior 95,96% e 61,29%, a passagem do escoamento unitário e acumulado, respectivamente, conforme observado na Figura 37.

Figura 37 - Comparativo entre efluente do escoamento superficial e posterior a limpeza, em percentagem (%).



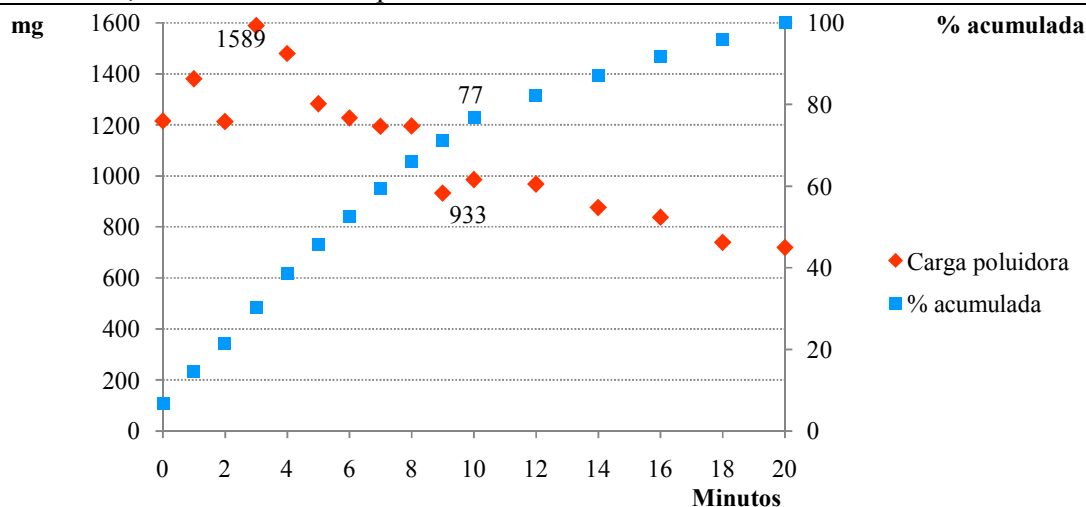
Fonte: do Autor, 2015.

5.1.3. Ensaio 3

Os resultados do Ensaio 3 são apresentadas nas Figuras 38 a 41. A especificidade deste ensaio em relação ao ensaio 2 foi: (a) coleta de uma amostra por minuto nos dez primeiros minutos, e uma amostra a cada 2 minutos até o vigésimo minuto e; (b) quatro coletas sequenciais por minuto do efluente oleoso após remoção química e mecânica do óleo aderido na superfície do modelo físico experimental.

A Figura 38 mostra a carga poluidora (mg/min) e a porcentagem acumulada nas amostras de efluentes contaminados, nos intervalos de tempo (minutos). O pico de carga poluidora do efluente é atingido no 3º minuto (1.589,22 mg/min), com decréscimo abrupto no 5º minuto, seguido de relativa estabilização no 10º minuto.

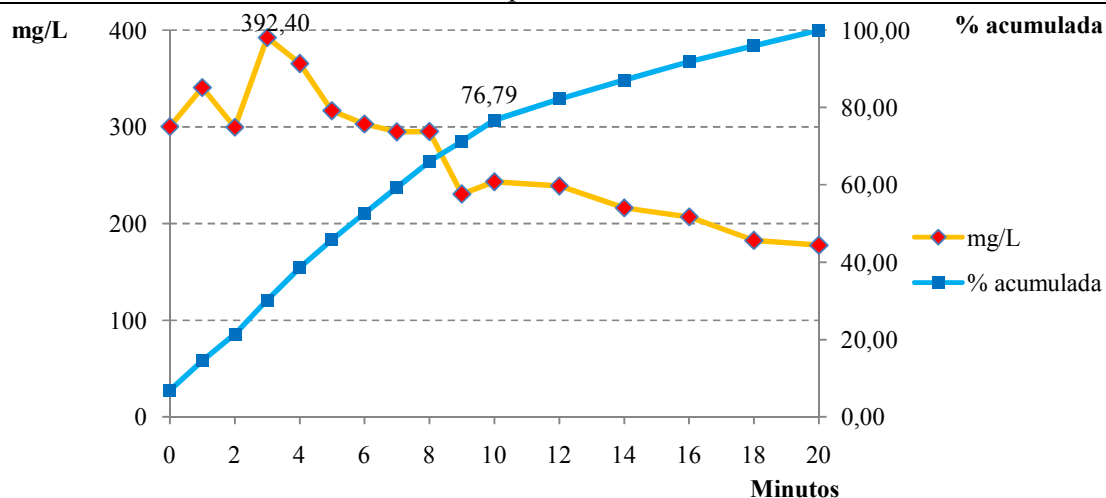
Figura 38 – Carga poluidora (mg/min) e porcentagem acumulada nas amostras dos efluentes do Ensaio 3, no intervalo de tempo de coleta de dados.



Fonte: do Autor, 2015.

A Figura 39 mostra a concentração (mg/L) e porcentagem acumulada nas amostras dos efluentes contaminados, nos intervalos de tempo (minutos). O pico da concentração de óleo no efluente é atingido no 3º minuto (392,40 mg/L), com decréscimo abrupto no 5º minuto e queda suave a partir deste, salientando que no 10º minuto 76,79% do óleo já havia sido removido. Assim como o Ensaio 2, o efluente analisado em nenhum momento pode ser lançado *in natura* em corpo hídrico, situação semelhante se fosse proveniente de Estação de Tratamento de Esgoto (CONAMA, 2011).

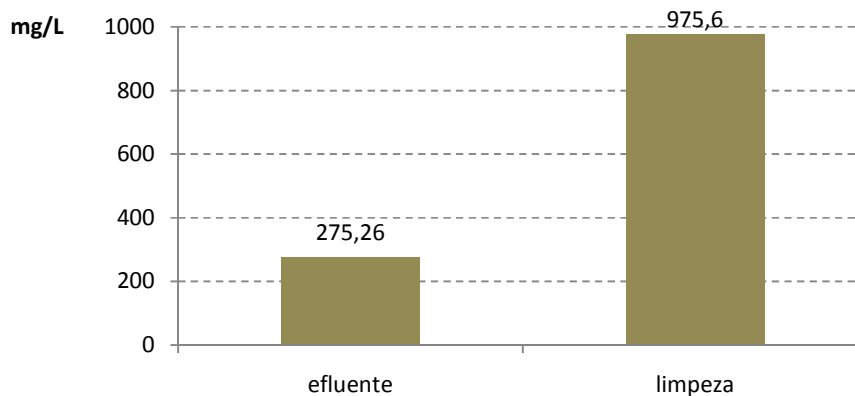
Figura 39 - Concentração de óleo e porcentagem acumulada nas amostras do efluente do Ensaio 3, de acordo com o intervalo de tempo.



Fonte: do Autor, 2015.

Posteriormente ao escoamento superficial, houve limpeza da superfície por meio químico e mecânico, que removeu 975,60 mg/L de óleo, quantidade esta 3,5 vezes maior que a concentração média unitária (275,26 mg/L), conforme Figura 40.

Figura 40 - Comparativo das análises da média da concentração dos efluentes do escoamento superficial e 1ª água de lavagem após limpeza química e mecânica, em mg/L, relativo ao Ensaio 3.

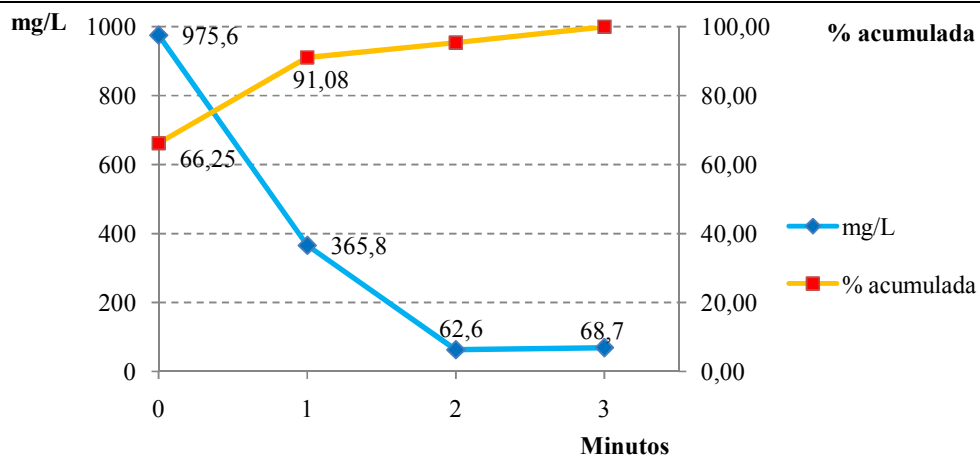


Fonte: do Autor, 2015.

Como a análise do efluente após a limpeza química e mecânica da superfície foi dividida em quatro intervalos de tempo, a Figura 41 mostra que o comportamento da concentração de óleo, evidenciando que as amostras coletadas nos minutos 0 e 1 já representam 91% da concentração total, mostrando a eficiência da limpeza. No terceiro

minuto, a concentração é 14,2 vezes menor que no minuto zero, e 2,6 vezes menor que o menor valor observado para a limpeza apenas por escoamento (20º minuto).

Figura 41 - Comparativo das análises dos efluentes após a limpeza química e física, com coleta do efluente em 4 momentos, relativo ao Ensaio 3.



Fonte: do Autor, 2015.

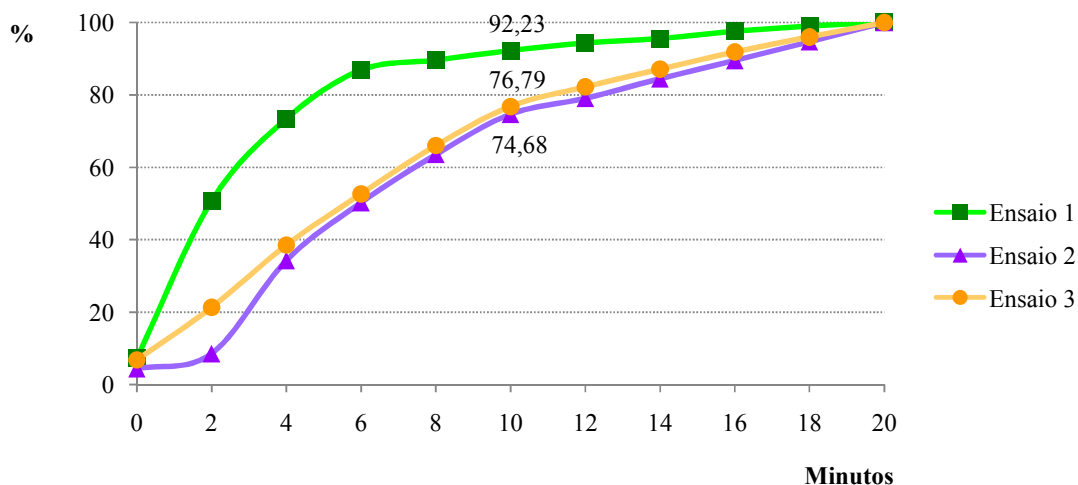
5.2. DISCUSSÃO GERAL DOS ENSAIOS

Segundo May (2004), a captação de água do escoamento pluvial de telhados e lajes tem melhor qualidade se comparado a superfícies no solo, e se houver tráfego de veículos, a água pode ficar contaminada por óleos combustíveis e resíduos de pneus, corroborando o posicionamento de Anecchini (2005), que constatou que a coleta de água proveniente do escoamento superficial de superfície de solo impermeabilizada não é aconselhável. Porém se a água (efluente) de escoamento não é armazenada e tratada, a mesma provoca impacto ambiental negativo à jusante.

Para aproveitamento de água pluvial incidente em telhados, há diversos mecanismos de descarte dos primeiros milímetros da água pluvial, evitando captação de água pluvial de baixa qualidade física, química e biológica, evitando contaminação por poeira, dejetos de animais e outros detritos (LOPES, 2012), onde os volumes descartados variam, conforme Dacach (1997) de 0,8 a 1,5 L/m², conforme Tomaz (2003) de 0,4 L/m², e segundo a NBR 15.527 (ABNT, 2007) os 2,0 milímetros da precipitação inicial. Para captação de água de escoamento pluvial de superfícies de circulação de veículos, desconhecem informações, e este trabalho objetiva coletar dados para orientar e fomentar estudos futuros, além de proposições iniciais de gerenciamento ambiental de estacionamentos.

Para analisar os três ensaios, faz necessário comparar as porcentagens, pois houve variação da quantidade inicial do óleo lubrificante disposto sobre a bandeja (120 e 200 mL) do modelo experimental e vazão. Em relação ao carreamento através do escoamento da água, no intervalo de tempo de 20 minutos, nos 10 minutos iniciais foram arrastados aproximadamente 75% do óleo disposto sobre o concreto, conforme Figura 42. Analisando as porcentagens acumuladas dos Ensaios no minuto 10, verifica-se que a maior porcentagem acumulada é para o ensaio 1, este com maior vazão. Comparando os Ensaios 2 e 3, praticamente não há diferença significativa nas porcentagens acumuladas, salientando que a vazão é a mesma.

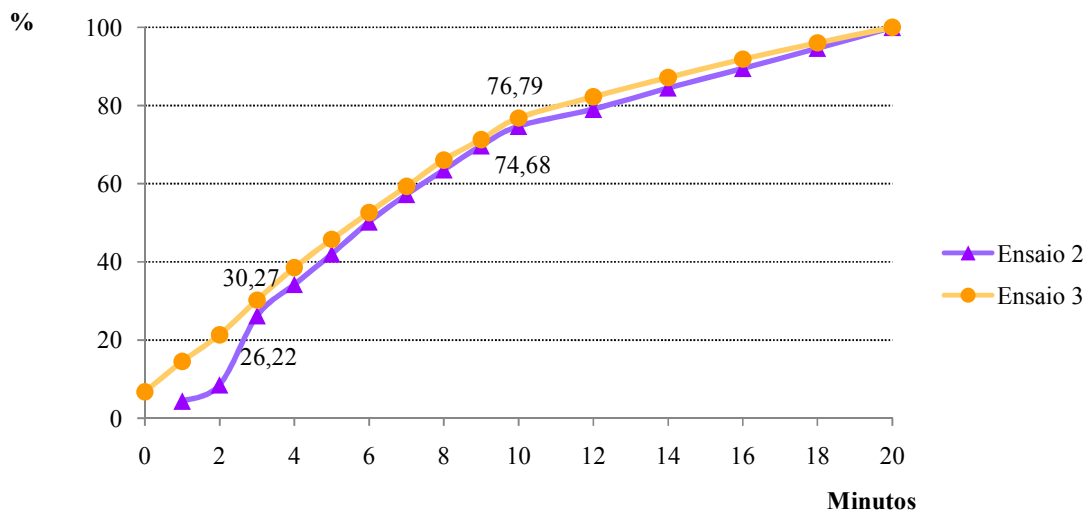
Figura 42 – Comparativo entre os Ensaio, através das remoções provenientes do escoamento superficial.



Fonte: do Autor, 2015.

Já na análise do segundo e terceiro ensaio (Figura 43), as porcentagens removidas nos intervalos de tempo são semelhantes, independente da maior carga de poluente disposto sobre a bandeja no ensaio 2. Cabe destacar que a porcentagem acumulada a partir do terceiro minuto já tem valores próximos, comportamento este semelhante até o término da passagem do escoamento superficial.

Figura 43 – Comparativo entre os Ensaio 2 e 3, através das remoções provenientes do escoamento superficial.



Fonte: do Autor, 2015.

Anecchini (2005), em trabalho realizado no campus da Universidade Federal do Espírito Santo (UFES), comparando a qualidade da água da chuva coletada diretamente da atmosfera, do escoamento superficial de telhado e de armazenamento, constatou que à medida que se aumenta o volume do descarte dos primeiros milímetros da precipitação, há redução da concentração dos poluentes no reservatório.

Jaques (2005), em estudo realizado em edificações na cidade de Florianópolis (SC), coletou água da chuva diretamente da atmosfera e do escoamento superficial de telhados em 0, 10, 30 e 60 minutos, verificou que para diversos padrões, a melhora da qualidade da água com o aumento do intervalo de tempo do início do evento pluviométrico.

Peters (2006), em estudo de fontes alternativas de abastecimento de água em residência de baixa renda na cidade de Florianópolis (SC), instalou mecanismos de condução, de separação grosseira e descarte da precipitação inicial, coletando amostras de água diretamente da atmosfera, no reservatório de descarte e no reservatório de armazenamento, concluiu que no reservatório de descarte concentra-se a água mais contaminada.

Faresin (2008), em trabalho de verificação da necessidade de instalação de dispositivo de descarte da precipitação inicial para aproveitamento da água da chuva não potável, coletou a água diretamente da atmosfera, dos 5 minutos iniciais e do restante da precipitação, verificou a necessidade do descarte da precipitação inicial como medida de gestão da qualidade da água.

Lima et al. (2001), em estudo de viabilidade do aproveitamento da água para fins não potáveis na Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR), na cidade de Campo Mourão (PR), coletaram amostras de água de chuva diretamente da atmosfera e do escoamento superficial do telhado, em intervalo de tempo de 0, 10, 30 e 60 minutos, observaram: (a) piora da qualidade da água escoada em relação à coletada diretamente na atmosfera; (b) melhora da qualidade da água proveniente do escoamento em função do tempo, devido à remoção dos poluentes previamente depositados e; (c) que após 10 minutos do início da precipitação, os valores tendem a estabilizar.

Silva et al. (2012), em avaliação da viabilidade na implantação de sistema de aproveitamento de água de chuva para fins não potáveis na cidade de Itapira (MG), coletaram amostras de precipitações de 5, 10, 15, 20 milímetros após contato com cobertura e

verificaram que a qualidade da água escoada melhora nos períodos mais chuvosos e com o aumento do volume escoado.

Lopes (2012), em estudo de viabilidade de aproveitamento de água da chuva para fins não potáveis na Universidade Federal de Uberlândia (MG), coletou a precipitação do escoamento superficial proveniente de telhado, verificando que com o aumento do volume descartado há melhora significativa da qualidade da água.

Nakada; Moruzzi (2014), em estudo realizado na Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, no município de Rio Claro (SP), coletaram amostras de escoamento superficial da água pluvial e concluíram que a deposição de poluentes provenientes da atmosfera exerce influência na qualidade da água pluvial, tornando necessário a adaptação do sistema de descarte a as médias pluviométricas.

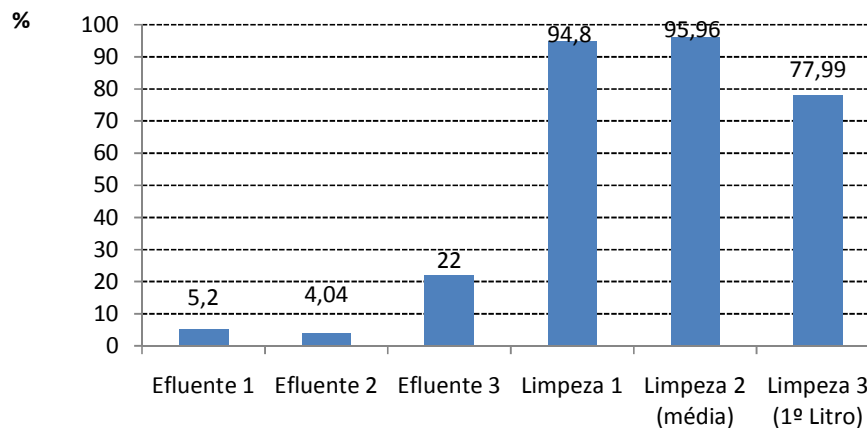
Estes resultados relativos à qualidade e aproveitamento de água de escoamento de telhados, quando adaptados ao estudo objeto, corroboram com dados, pois constatou redução da carga poluente ou concentração com o aumento do intervalo de tempo, devido à remoção do óleo depositado, e que conforme estudo de Lima et al. (2001), após 10 minutos da precipitação os valores tendem a relativa estabilização. Este comportamento de certa forma é surpreendente devido à hidrofobia do óleo em relação à água.

Por não haver diplomas legais dos parâmetros mínimos para lançamento de efluente contaminado por óleo e graxas, utilizou-se os padrões da Resolução N° 430 (CONAMA, 2011), de 13 de Maio de 2011, que dispõe sobre as condições e padrões de lançamento de efluentes, especificamente o Artigo N° 16, que determina concentração máxima de 20 mg/L para óleos minerais. Já o “Manual de Conservação e Reuso da Água em edificações” (SAUTCHUCK et al., 2005), determina que para reutilização da água, a concentração de óleos e graxas deve ser inferior a 1 mg/L, valor este que pode inviabilizar eventual aproveitamento de águas pluviais coletadas de ruas e estacionamento. Salienta-se que, independentemente da concentração, faz-se necessário outorga para lançamento do efluente.

Exceto para o Ensaio 1, a concentração de óleo foi superior ao parâmetro para lançamento em corpos hídricos, conforme Resolução N° 430 (CONAMA, 2011). É importante salientar, que a carga inicial de poluição da superfície impermeabilizada provavelmente foi superestimada, porém os resultados podem orientar na gestão ambiental de áreas impermeabilizadas.

Outro dado importante é que em todos os ensaios, a limpeza através da utilização de detergente concomitantemente com bucha doméstica e escova, mostrou-se no mínimo 78% mais eficiente que o escoamento superficial, conforme Figura 43.

Figura 44 - Comparação entre eficiências do carreamento do óleo por escoamento superficial e por limpeza (mecânica e química).



Fonte: do Autor, 2015.

Vivacqua; Santos (2005) em revisão sobre qualidade da água de escoamento superficial urbano, verificaram que o modo e frequência de limpeza da superfície interferem na qualidade das amostras coletadas nos pátios e outras superfícies impermeabilizadas, e que para utilização devem ser analisados os parâmetros DBO₅, DQO, NH₃, P total, Pb, Cu, Zn, cor, patogênicos, óleos e graxas.

Os dados do presente estudo complementam em parte com a revisão de Vivacqua; Santos (2005), pois a limpeza mecânica e química da superfície foi percentualmente mais eficiente que o carreamento provocado pelo escoamento superficial. É importante salientar que agente químico (detergente) não é o mais indicado e eficaz, assim como a utilização de buchas e escovas.

5.4. MODELO EXPERIMENTAL

O presente modelo mostrou-se eficiente na simulação de superfície impermeabilizada e do escoamento superficial, reduzindo um estacionamento para área de 1,2 m², permitindo mudanças na vazão e na quantidade/qualidade do poluente inserido, facilitando a coleta de dados experimentais.

Além das variáveis supracitadas, o modelo permite ainda variações em relação à inclinação, tipo de material da superfície impermeabilizada, qualidade do material contaminante.

As limitações estão relacionadas ao grande peso da estrutura da bandeja concretada, esta superior a 450 Kg, praticamente inviabilizando a movimentação a mesma. Sugere-se em estudos subsequentes a implantação de estrutura de formato semelhante, porém fixa e de alvenaria.

O modelo proposto e implantado pode simular superfície impermeabilizada contaminada por qualquer tipo de poluente, orientando propostas e ações de aproveitamento da água precipitada, e principalmente minimização de impactos ambientais negativos provenientes das águas pluviais contaminadas, presente em *hotspot*¹⁰ de contaminação de óleo (áreas de estacionamento, ruas de grande circulação, oficinas mecânicas, etc).

Porém, para validação do desempenho faz-se necessária a comparação com situações reais, já que possuem diversas outras variáveis que alteram o escoamento superficial da água, tais como superfície irregular, inclinações, caminhos preferenciais de escoamento, etc.

¹⁰*Hotspot*: criado pelo ecólogo inglês Norman Myers em 1988, o conceito busca definir áreas prioritárias de conservação, tais como alta biodiversidade e ameaça. A derivação do termo pode ser usada para definição de locais prioritários de ações de gerenciamento ambiental, minimizando ou suprimindo impactos ambientais negativos.

6. CONCLUSÃO

Para conhecimento do comportamento do óleo lubrificante em área de estacionamento, sobre influência do escoamento superficial, fez-se necessária revisão e adaptação de diversas áreas de conhecimento das ciências ambientais.

Diferentemente dos estudos comparativos, o presente trabalho não tem escopo de eventual aproveitamento da água do escoamento superficial, mais analisar a carga poluente e concentração de óleo no efluente, testando algumas variáveis, tais como estágio inicial de poluição da superfície, vazão, modelo físico experimental, metodologias e delineamentos.

Para teste de campo, fez-se necessário a concepção de modelo experimental de simulação de área impermeabilizada e de sistema de escoamento superficial. Após as definições de dimensões, estruturas, materiais e técnica para obtenção do modelo experimental, sua manufatura foi iniciada, e a cada obstáculo, novas revisões técnicas e interlocuções com profissionais eram analisadas, adaptando e “evoluindo” o modelo, sendo a etapa mais laboriosa. Com a conclusão do modelo, fez-se necessário o teste das hipóteses e objetivos, que levou novas adaptações do modelo experimental da bandeja e escoamento superficial.

Os testes de campo e análises laboratoriais só corroboram os objetivos, permitindo investigar que o modelo experimental e procedimentos são adequados em estudo de escala reduzida, e permite variações para situações específicas.

As alterações da vazão e adaptações das metodologias de coleta ao longo dos ensaios foram importante para aperfeiçoar as análises, fornecendo maiores números de dados possíveis, otimizando o experimento e validando o modelo experimental. Em relação aos delineamentos propostos, as mudanças e adaptações permitiram aperfeiçoar o estudo, minimizando os erros que interfeririam nas análises laboratoriais, promovendo melhoramento constante.

As análises laboratoriais evidenciaram que o comportamento do óleo sobre a passagem de escoamento superficial é semelhante aos poluentes observados em telhados, permitindo estudos complementares para diminuição dos impactos ambientais de estacionamento, ruas e outros *hotspots* de contaminação por óleos e graxas.

Os picos máximos de concentração ou carga poluente de óleo lubrificante queimado oscilaram entre o segundo e terceiro minuto, e há uma relativa estabilização da concentração próximo ao 10º minuto, onde o percentual acumulado representava aproximadamente 75% do poluente carregado para 20 minutos.

Comparando o potencial de limpeza através do escoamento superficial com a limpeza química e mecânica, esta é mais eficiente, dado teste que fornece subsídio para gestão ambiental de áreas impermeabilizadas com circulação de veículos.

As limitações do estudo são relativas à dificuldade de definir vazões do escoamento superficial, volumes de vazamentos de óleos, e principalmente precariedade de dados técnicos da literatura, com o objetivo de comparação.

Provavelmente a quantidade de óleo lubrificante disposta sobre a superfície não represente a realidade, devido à superestimação, porém, em todos os casos, os cálculos foram efetuados baseando na lógica. É importante frisar que soluções são mais fáceis de serem obtidas com a redução da contaminação inicial.

Há necessidade que os estudos futuros avaliem a concentração de óleo lubrificante e outros contaminantes na própria superfície dos estacionamentos. Tais informações poderão dar subsídios para aprimorar o modelo de estrutura utilizada no presente estudo, ajudar na gestão ambiental destes *hotspots* e principalmente minimizar os impactos ambientais negativos, como medida suplementar a supressão de manchas de óleos, direcionando o efluente do escoamento mais contaminado por óleos para tratamento prévio.

A sugestão para manejo ambientalmente sustentável da área de estacionamento é que quando observadas manchas de óleos sobre as superfícies impermeabilizadas, haja remoção anteriormente a evento pluviométrico, evitando a formação de águas ou efluentes oleosos. Se a mancha estiver seca e aderida à superfície faz-se necessário a utilização de produtos que dissolvam o óleo (solvente tais como benzina, hexano, querosene, *thinner*). Posteriormente a solução deverá ser absorvida através de papel, areia, serragem, turfa absorvente, etc. Salienta-se que o resíduo da limpeza é perigoso e classificado conforme a NBR 10.004 (ABNT, 2004) como resíduo Classe I, e deverá ser armazenado temporariamente em local específico, antes do envio adequado de destinação final.

Na circunstância de geração de efluente oleoso após evento pluviométrico faz-se necessário tratamento com o escopo de retirar ou reduzir a concentração do óleo. Para os óleos livres, por diferença de densidade, já há separação das fases, e a remoção física é facilitada, podendo utilizar decantador, hidrociclone, centrífuga ou flotador. Já o óleo microscopicamente disperso encontra-se estabilizado junto a água, e para remoção é fundamental a desestabilização da emulsão, que é feita através de tratamento químico, mediante a adição de eletrólitos em condições específicas de pH e potencial iônico, que permite a aglutinação do óleo.

Portanto o mais racional é o controle da poluição diretamente da fonte, pois o tratamento do efluente oleoso é dispendioso, além de evitar o tratamento de grande volume de água. Sugere-se estudos futuros com alterações de inclinação, vazão, utilização de diversos tipos de óleos para aplicação de modelagens e posterior teste em escala real.

7. BIBLIOGRAFIA

AGÊNCIA NACIONAL DAS ÁGUAS; MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE; SINDICATO DA INDÚSTRIA DA CONSTRUÇÃO CIVIL - SÃO PAULO. **Conservação e reuso da água em edificações**. São Paulo, SP: Prol Editora Gráfica. 2005. 152 p.

ANNECCHINI, K. P. V. **Aproveitamento da Água da Chuva Para Fins Não Potáveis na Cidade de Vitória (ES)**. 2005.150 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) - Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, 2005.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 10.844**: Instalações prediais de águas pluviais: procedimentos. Rio de Janeiro, 1989. 13 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 10.004**: Resíduos sólidos: Classificação. Rio de Janeiro, 2004. 77 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 13.786**: Posto de serviços: Seleção dos equipamentos para sistemas para instalações subterrâneas de combustível. Rio de Janeiro, 2005. 9 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15.527**: Água de chuva: aproveitamento de cobertura em área urbana para fins não potáveis: requisitos. Rio de Janeiro, 2007, 12 p.

ADUAN, R. E.; VILELA, M. DE F.; REIS JÚNIOR, F. B. DOS. **Os Grandes Ciclos Biogeoquímicos do Planeta**. 1. ed. Planaltina, DF: Embrapa Cerrado, 2004. 25 p.

ASSOCIAÇÃO DE PROTEÇÃO AO MEIO AMBIENTE DE CIANORTE - APROMAC. **Guia Básico - Gerenciamento de Óleos Lubrificantes Usados ou Contaminados**. [Cianorte, PR]: [s.n]. [2007?]. 64 p.

BEZERRA, P. G. et al. Indicadores geoquímicos de contaminação por compostos orgânicos voláteis em águas subterrâneas da Bacia do Rio Lucaia, Salvador, BA. **Revista Brasileira de Geociências**, v. 42, n. s1, p. 238–244, dez. 2012.

BRASIL. Decreto Nº 24.643, de 10 de junho de 1934. Decreta o Código das Águas. **Diário Oficial da União**, Rio de Janeiro, RJ. 27 jul. 1934. p. 29.

BRASIL. Lei Nº 6.938, de 31 de agosto de 1981. Dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente, seus fins e mecanismos de formulação e aplicação, e dá outras providências. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF. 31 ago. 1981. p. 25.

BRASIL. Constituição (1988). **Constituição da República Federativa do Brasil**: promulgada em 5 de outubro de 1988. 35. ed. Brasília, DF: Edições Câmara Brasília, 2012. p. 446.

BRASIL. Lei Nº 9.433, de 8 de janeiro de 1997. Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, regulamenta o inciso XIX do art. 21 da Constituição Federal, e altera o art. 1º da Lei nº 8.001, de 13 de

março de 1990, que modificou a Lei nº 7.990, de 28 de dezembro de 1989. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF. 8 jan. 1997. p. 13.

BRASIL. Lei Nº 9.605, de 12 de fevereiro de 1998. Dispõe sobre as sanções penais e administrativas derivadas de condutas e atividades lesivas ao meio ambiente, e dá outras providências. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF. 12 fev. 1998. p. 16.

BRASIL (Ministério da Saúde), de 29 de dezembro de 2000. Estabelece os procedimentos e responsabilidades relativos ao controle e vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade, e dá outras providências publicação. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF. 10 jan. 2001. 15. p.

CAMARA, M. A.; PERES, B. R.; CHISTIANINI, R. Z. **Manutenção e Lubrificação de Equipamentos: Óleos Lubrificantes Automotivos**. Bauru: Faculdade de Engenharia de Bauru, 2010. p. 11.

CAMPANHARO, W. A.; HOLLANDA, M. DE; CECÍLIO, R. DE A. Manejo de Bacias Hidrográficas e a Gestão Sustentável dos Recursos Naturais. In: MARTINS, L.D. et al. **Atualidades em desenvolvimento sustentável**. Manhuaçu, MG. Suprema Gráfica e Editora LTDA, 2012. p. 57–66.

CAMPOS, F. C. DE; BELHOT, R. V. Gestão de Manutenção de frota de veículos: uma Revisão. **Gestão & Produção**, v. 1, n. 1, 1994. p. 171–188.

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE. **Resolução Nº 237**, de 19 de dezembro de 1997. Dispõe sobre licenciamento ambiental; competência da União, Estados e Municípios; listagem de atividades sujeitas ao licenciamento; Estudos Ambientais, Estudo de Impacto Ambiental e Relatório de Impacto Ambiental. Brasília. 1997. p. 9.

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE. **Resolução Nº 357**, de 17 de março de 2005. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências. Brasília. 2005. p. 27.

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE. **Resolução Nº 273**, de 29 de novembro de 2000. Estabelece diretrizes para o licenciamento ambiental de postos de combustíveis e serviços e dispõe sobre a prevenção e controle da poluição. Brasília. 2000. p. 30.

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE. **Resolução Nº 430**, de 13 de maio de 2011. Dispõe sobre as condições e padrões de lançamento de efluentes, complementa e altera a Resolução nº 357, de 17 de março de 2005, do Conselho Nacional do Meio Ambiente-CONAMA. Brasília. 2011. p. 9.

DACACH, N.G. **Saneamento Básico**. 2. ed. Rio de Janeiro: Livros Técnicos e Científicos, 1979. p. 314.

DE AZEVEDO, H. P. M. **Descrição do projeto do sistema separador de água e óleo para o aeroporto de congonghas**. 2007. p.82. Dissertação (Graduação em Engenharia Civil - Universidade Anhembi Morumbi, São Paulo, SP, 2007.

ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY, U.S. **5520 Oil and Grease**. 17 th. ed. 2001, p. 35–43.

FARESIN, A. E. **Conservação de água em escolas com ênfase em aproveitamento de água de chuva: estudo de caso nas escolas da rede municipal de Erechim – RS**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil). Universidade de Passo Fundo, Passo Fundo, RS, 2008. Disponível em: <<http://www.upf.br/ppgeng/images/stories/2006andreiafaresin.pdf>>. Acesso em: 8 set. 2011.

HESPANHOL, I. Um novo paradigma para a gestão de recursos hídricos. **Estudos Avançados**, v. 22, n. 63, p. 131–158, 2008.

JAQUES, R. C. **Qualidade da água de chuva no município de Florianópolis e sua potencialidade para aproveitamento em edificações**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental). Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, SC, 2005. Disponível em: <http://www.tede.ufsc.br/teses/PGEA0224.pdf>. Acesso em: 10 set. 2014.

LIMA, A. N. et al. **Avaliação da qualidade de água da chuva para aplicação em usos não potáveis**. In: 26º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, 2011, Porto Alegre, RS. Anais. Rio de Janeiro: ABES, 2011. CD-ROM.

LOPES, G. B. **Estudo de Viabilidade Técnica do Aproveitamento de Água de Chuva para fins não potáveis na Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia (MG)**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil). Universidade Federal de Uberlândia, MG. 2012.

LORENZETT, D. B.; ROSSATO, M. V.; NEUHAUS, M. Medidas de Gestão Ambiental adotadas em um posto de abastecimento de combustíveis. **Revista Gestão Industrial**, v. 07, n. 03, p. 1–21, 2011.

MAY, S. **Estudo da viabilidade do aproveitamento de água de chuva para consumo não potável em edificações**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil). Escola Politécnica de São Paulo - Universidade de São Paulo, São Paulo. 2004

MOURA, E. M. J. **Descarga de Águas Residuais não Domésticas em Sistemas de Drenagem Urbanos: Avaliação do Impacto nas Redes e nos Meios Hídricos Receptores**. Dissertação (Mestrado em Engenharia do Meio Ambiente). Faculdade de Engenharia do Porto - Universidade do Porto. Porto. 2008.

MOURA, L. H. A. M.; BOAVENTURA, G. R.; PINELLI, M. P. A qualidade de água como indicador de uso e ocupação do solo: Bacia do Gama - Distrito Federal. **Química Nova**, v. 33, n. 1, p. 97–103, 2010.

NAKADA, L. Y. K. **Avaliação da qualidade de água pluviais armazenadas e estudos de tratabilidade empregando filtro de pressão com diferentes meios filtrantes visando ao aproveitamento para fins não potáveis**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil e Ambiental). Universidade Estadual Paulista, 2012.

NAKADA, L. Y. K.; MORUZZI, R. B. Variabilidade qualitativa de águas pluviais coletadas em telhado e sua importância na concepção do sistema de tratamento. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v. 19, n. 11, p. 1–9, 2014.

- OLIVEIRA E AGUIAR, A.; JOAQUIM FILHO, J. **Veículos em fim de vida como resíduos: panorama, fragilidades e perspectivas do gerenciamento no Brasil**. In: Simpósio de Administração da Produção, Logística e Operações Internacionais. 15., 2011, São Paulo: SIMPOI, 2011. p. 16.
- PETERS, M. R. **Potencialidade de uso de fontes alternativas de água para fins não potáveis em uma unidade residencial**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2006.
- PORTO, M. F. DO A.; PORTO, R. L. L. Gestão de Bacias Hidrográficas. **Estudos Avançados**, v. 22, n. 63, p. 43–60, 2008.
- REBOUÇAS, A. C. Água e desenvolvimento rural. **Estudos Avançados**, v. 15, n. 43, p. 327–344, 2001.
- REBOUÇAS, A. C. Água no Brasil : abundância , desperdício e escassez. **Bahia Análise & Dados**, v. 13, n. Especial, p. 341–345, 2003.
- SANTOS, P. T. S. et al. Telhado verde: desempenho do sistema construtivo na redução do escoamento superficial. **Ambiente Construído**, v. 13, n. 1, p. 161–174, 2013.
- SAUTCHUCK, C. et al. **Conservação e Reuso da Água em Edificações**. São Paulo: Prol Editora Gráfica, 2005. Disponível em: http://www.sindusconsp.com.br/downloads/prodserv/publicacoes/manual_agua_em_edificacoes.pdf. Acesso em: 20 fev. 2015.
- SILVA, J. W.; GUIMARÃES, E. C.; TAVARES, M. Variabilidade temporal da precipitação mensal e anual na estação climatológica de Uberaba-MG. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 27, n. 3, p. 665–674, 2003.
- SILVA, L. C.; VIEIRA, P. C.; FREITAS, R.B. **Avaliação da qualidade da água de chuva para fins não potáveis na cidade de Itabira/MG**. In: Simpósio Luso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, 15, 2012, Belo Horizonte, MG. CD-ROM.
- SILVEIRA, E. L. C. et al. Determinação de Contaminantes em Óleos Lubrificantes usados e em Esgotos Contaminados por esses Lubrificantes. **Química Nova**, v. 29, n. 6, p. 1193–1197, 2006.
- SOUZA, L. O. C. et al. Avaliação de sistemas de irrigação por gotejamento, utilizados na cafeicultura. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 10, n. 31, p. 541–548, 2006.
- TEIXEIRA, V. L.; COUTO, L. F. S. A cultura do consumo: Uma Leitura psicanalítica Lacaniana. **Psicologia em Estudo**, v. 15, n. 3, p. 583–591, 2010.
- TOMAZ, P. **Aproveitamento de Água de Chuva**: aproveitamento de água de chuva para áreas urbanas e fins não potáveis. 2 ed. São Paulo: Navegar, 2005. 180 p.
- TUCCI, C. E. M. Águas urbanas. **Estudos Avançados**, v. 22, n. 63, p. 97–112, 2008.

TUNDISI, J. G. Recursos hídricos no futuro: problemas e soluções. **Estudos Avançados**, v. 22, n. 63, p. 1–10, 2008.

VIVACQUA, M. C. R.; SANTOS, S. R. **Qualidade da Água do Escoamento Superficial Urbano – Revisão Visando o Uso Local**. Dissertação (Mestrado em Engenharia). Escola Politécnica - Universidade de São Paulo, 2005.


WARERU, D. W. **Influence of Rainfall Amount and Distribution on Rainwater Catchment System Design**. In: **9th International Rainwater Catchment Systems Conference** - "Rainwater Catchment: An Answer to the Water Scarcity of the Next Millennium". 9th. 1999, Petrolina, PE. Disponível em: http://www.eng.warwick.ac.uk/ircsa/pdf/9th/04_09.pdf. Acesso em 11 jan. 2015.

WISBECK, E. et al. Desinfecção de água de chuva por radiação ultravioleta. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v. 16, n. 4, p. 337–342, 2011.

ZAFFANI, A. G.; MENDIONDO, E. M. **Poluição Difusa da Drenagem Urbana com Base Ecohidrológica: Diagnóstico Atual e Cenários de Longo Prazo em Bacias Urbanas de São Carlos, SP**. Dissertação (Mestre em Engenharia Hidráulica e Saneamento). Escola de Engenharia de São Carlos - Universidade de São Paulo, São Carlos, 2012.

ZULAUF, W. E. O meio ambiente e o futuro. **Estudos Avançados**, v. 14, n. 39, p. 85–100, 2000.

ANEXO 1 – FICHA DE INFORMAÇÕES DE SEGURANÇA DE PRODUTO QUÍMICO

	Ficha de Informações de Segurança de Produto Químico
	Página (1 de 10)
FISPO n.º : 644	Nome do produto: F1 MASTER PLUS SAE 20W50

1. IDENTIFICAÇÃO DO PRODUTO / EMPRESA

- ▲ **Nome do produto:** F1 MASTER PLUS SAE 20W50
- ▲ **Principais Usos :** Óleo Lubrificante automotivo SL / CF, para motores a gasolina , álcool , diesel leve e gás natural
- ▲ **Nome das empresas que produzem / comercializam o produto :**
 - **Distribuidora de Produtos de Petróleo Ipiranga S.A.**
 Av. Dolores Alcaraz Caldas , 90 – Praia de Belas – Porto Alegre - RS
 Telefone : (0XX51) 3216.4411
 Fax : (0XX51) 3224.0501
 - **Companhia Brasileira de Petróleo Ipiranga :**
 Rua Francisco Eugênio , 329 – São Cristóvão - Rio de Janeiro – RJ – CEP : 20.948 - 900
 Telefone : Atendimento ao cliente - (0XX21) 3891 - 2525
 Área técnica – (0XX21) 2574 – 5266 / (0XX21) 2574 – 5741
 Fax : (0XX21) 2574 - 6372
 E-mail : amaja@ipiranga.com.br
- ▲ **Telefone de emergência:** Pró-Química – ABIQUIM 0800-118270 (24 horas)

2. COMPOSIÇÃO E INFORMAÇÕES SOBRE OS INGREDIENTES

- ▲ **Preparado :** Este produto é um preparado.
- ▲ **Natureza Química:** Óleo lubrificante composto por uma mistura complexa de óleos básicos minerais , predominantemente isoparafínicos , com aditivos antioxidantes, antiferrugem, antiespumante, antidesgaste , anticorrosivo , detergente – dispersante e melhorador de viscosidade e fluidez.
- ▲ **Ingredientes ou impurezas que contribuem para o perigo :**
 - 1) **Nome químico ou nome genérico de cada ingrediente que contribua para o perigo:** Hidrocarbonetos , Enxofre (CAS N.º 7704 – 34 – 9)
 - 1) **Concentração ou faixa de concentração de cada ingrediente que contribua para o perigo :** Hidrocarbonetos parafínicos ~ 48,7 %
 Hidrocarbonetos naftênicos ~ 18,4 %
 Hidrocarbonetos aromáticos ~ 5,2 %
 Enxofre (CAS N.º 7704 – 34 – 9) ~ 0,4 %

Data de Elaboração : Maio / 97

Data de Revisão : 03/08/05
 N.º da Revisão : 03



Ficha de Informações de Segurança de Produto Químico

FISPQ n.º : 644

Página (2 de 10)

Nome do produto: **F1 MASTER PLUS SAE 20W50**

3. IDENTIFICAÇÃO DE PERIGOS

- ▲ **Perigos mais importantes:** *Sob condições normais de uso , o produto não é considerado perigoso.*
- ▲ **Efeitos do produto :**
- ▲ **Efeitos adversos à saúde humana :** *Principais perigos estão associados a ingestão acidental de grandes quantidades do produto . A inalação de vapores e névoas em altas concentrações (produto aquecido e exposição em espaço confinado) podem causar leve irritação das mucosas e do trato respiratório superior com sensação de desconforto. O contato repetido e prolongado do produto com a pele poderá causar leve irritação em pessoas mais suscetíveis. Não é esperado algum efeito se o produto entrar em contato com os olhos.*
- ▲ **Efeitos Ambientais :** *Principais perigos estão associados a derrames. Quando em contato com a água , o produto tende a formar películas superficiais. O produto derramado sobre o solo , por percolação , pode afetar a qualidade das águas do lençol freático limitando o seu uso. Não deve ocorrer nenhum efeito sobre a atmosfera decorrente do manuseio do produto , tendo em vista sua baixa pressão de vapor a temperatura ambiente.*
- ▲ **Perigos específicos :** *Em temperaturas muito elevadas , o produto libera vapores inflamáveis . A queima do produto libera gases tóxicos.*

4. MEDIDAS DE PRIMEIROS SOCORROS

- ▲ **Ações a serem evitadas :** *Não administrar nada oralmente ou provocar o vômito em vítima inconsciente ou com convulsão. Não limpar partes do corpo com solventes .*
- ▲ **Medidas de primeiros socorros :**
 - 1) **Inalação:** *Remova a vítima da área contaminada, mantendo-a deitada, quieta e aquecida. Manter as vias respiratórias livres, removendo próteses e corpos estranhos , se tiver. Administrar respiração artificial, se necessário. Administrar oxigênio a uma vazão de 10 – 15 litros / minuto ou manobras de ressuscitação , se necessário. Chamar/encaminhar ao médico.*
 - 1) **Contato com a pele :** *Remover roupas contaminadas. Não apalpar nem friccionar as partes atingidas. Lavar com água corrente abundante por 20 minutos (mínimo).Remover roupas contaminadas. Remova o excesso do produto com pano / tecido limpo. Não apalpar nem friccionar as partes atingidas. Lavar com água corrente e sabão neutro. Chamar/encaminhar ao médico se necessário*
 - 1) **Contato com os olhos:** *Não friccionar. Remova lentes de contato, se tiver. Lavar com água corrente no mínimo por 20 minutos. Remover lentes de contato , se tiver. Encaminhar ao oftalmologista , se ocorrer alguma irritação ou efeito adverso.*

Data de Elaboração : Maio / 97

Data de Revisão : 03/08/05
N.º da Revisão : 03



Ficha de Informações de Segurança de Produto Químico

FISPO n.º : 644

Página (3 de 10)

Nome do produto: **F1 MASTER PLUS SAE 20W50**

- 1) **Ingestão:** NÃO PROVOQUE O VÔMITO. Após a ingestão acidental, o ato de vomitar representa risco de aspiração do produto aos pulmões (pneumonite química). Caso a vítima apresente vômitos espontâneos pela ingestão, mantenha a sua cabeça na posição de lado, evitando o risco de aspiração. Em caso de vítima consciente, lavar sua boca com água limpa em abundância e fazê-la ingerir água. Chamar / encaminhar ao médico.
- ✦ **Notas para o médico:** Tratamento sintomático. A lavagem gástrica deve ser aplicada de forma cautelosa. Não forneça óleo mineral pois poderá aumentar a absorção de hidrocarbonetos. O contato com produto quente poderá causar sensibilização e queimaduras.

5. MEDIDAS DE COMBATE A INCÊNDIO

- ✦ **Meios de extinção apropriados:** Água neblina, CO₂, Espuma p/ hidrocarbonetos, Pó químico
- ✦ **Meios de extinção não apropriados:** Espuma para álcool, Água jato pleno.
- ✦ **Métodos específicos:** Evacue a área e combata o fogo a uma distância segura. Utilize diques para conter a água usada no combate. Posicionar-se de costas para o vento. Usar água em forma de neblina para resfriar equipamentos expostos nas proximidades do fogo.
- ✦ **Equipamentos de proteção especial para combate ao fogo:** Utilizar aparelhos de proteção de respiração independente do ar ambiente e roupas de aproximação / proteção à temperaturas elevadas.

6. MEDIDAS DE CONTROLE PARA DERRAMAMENTO / VAZAMENTO

- ✦ **Precauções pessoais:**
 - 1) **Remoção de fontes de ignição:** Eliminar fontes quentes e de ignição.
 - 1) **Controle de poeira:** N.A. Produto líquido.
 - 1) **Prevenção da inalação e do contato com a pele, mucosas e olhos:** Utilizar equipamento de proteção individual (botas, óculos de segurança e luvas impermeáveis e proteção respiratória adequada). Obedecer as normas de segurança. Evitar a inalação de névoas / vapores. Evite o contato direto com o produto.
- ✦ **Precauções Ambientais:** Usar neblina de água para reduzir os vapores, porém essa ação não evitará a ignição em locais fechados. Estancar o vazamento, caso seja possível ser realizado sem risco. Não direcionar o material espalhado para quaisquer sistema de drenagem pública. Evitar a possibilidade de contaminação de águas superficiais e mananciais.

Data de Elaboração : Maio / 97

Data de Revisão : 03/08/05
N.º da Revisão : 03



Ficha de Informações de Segurança de Produto Químico

FISPO n.º : 644

Página (4 de 10)

Nome do produto: **F1 MASTER PLUS SAE 20W50**

• Métodos para remoção e limpeza:

- 1) **Recuperação** : Sempre que possível recupere o produto com material não inflamável (serragem , palha ou outro material absorvente) e remova o solo contaminado colocando-os em tonéis ou container para seu reaproveitamento ou tratamento. O produto que cair na água ficará na superfície , utilize barreiras de contenção para evitar o seu espalhamento e recupere o produto.
 - 1) **Neutralização** : N.A. Não existe tratamento químico neutralizante.
 - 1) **Disposição** : Não dispor em lixo comum. Incineração ou co-processamento. O produto recuperado pode ser encaminhado para empresas de rerrefino aprovados pela ANP. O arraste com água deve levar em consideração para o tratamento posterior da água contaminada .
- **Transporte**: Os resíduos transportados devem obedecer todos os requisitos previstos na regulamentação legal de transporte de cargas perigosas.

7. MANUSEIO E ARMAZENAMENTO

• Manuseio:

- 1) **Medidas Técnicas apropriadas** : Providenciar ventilação exaustora onde os processos assim o exigirem. O produto deve ser manuseado obedecendo as normas e procedimentos de higiene industrial e segurança do trabalho de acordo com a legislação em vigor.
 - **Prevenção da exposição do trabalhador**: Ver seção 8.
 - **Prevenção de incêndio e explosão** : Elimine fontes quentes e de ignição.
 - **Precauções para manuseio seguro** : Se manuseado a altas temperaturas , vapores ou névoas podem ser liberados e requerem uma boa ventilação do local de trabalho.
- 1) **Orientações para manuseio seguro** : Cuidado ao manusear o produto aquecido pois poderá causar sensibilização ou queimadura de pele. Na operação de carga / descarga deve-se evitar quedas das embalagens , descidas de rampas sem proteção , rolamento em terreno acidentado para evitar furos , amassamentos ou desaparecimento da identificação do produto.

• Armazenamento:

- 1) **Medidas Técnicas Apropriadas**: armazene o produto em local ventilado e afastados de produtos químicos incompatíveis (ácidos e oxidantes fortes). Tambores contendo o produto devem ser armazenados sobre estrados ou ripas de madeira, ao abrigo do sol e chuvas e longe de chamas, fogo, faíscas e fontes de calor. O descarregamento das embalagens mais pesadas deve ser feito por meio de empilhadeiras. As embalagens NUNCA devem ser jogadas sobre pneus.

Data de Elaboração : Maio / 97

Data de Revisão : 03/08/05
N.º da Revisão : 03



Ficha de Informações de Segurança de Produto Químico

FISPO n.º : 644

Página (5 de 10)

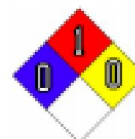
Nome do produto: **F1 MASTER PLUS SAE 20W50**

1 Condições de armazenamento:

- ↪ **Adequadas:** Tanques de aço carbono. Os recipientes devem ser armazenados em área identificadas e ventiladas. Estocar em local adequado com bacia de contenção para reter o produto em caso de vazamento.
- ↪ **A evitar:** Exposição de embalagens a intempéries (sol, chuva, etc...) e temperaturas elevadas.
- ↪ **De sinalização de risco :**

Classificação conforme Norma 704 do NFPA - National Fire Protection Agency

4 - Extremo	Saúde	0
3 - Alto	Inflamabilidade	1
2 - Moderado	Reatividade	0
1 - Leve	Especial	-
0 - Mínimo		



Classificação : óleo mineral

- ↪ **Produtos e materiais incompatíveis:** Manter afastado de ácidos e oxidantes fortes.

1 Materiais seguros para embalagens:

- ↪ **Recomendados :** Tambores metálicos, Latas de Aço Carbono e Embalagens Plásticas (PEAD (Polietileno de alta densidade), PP (Polipropileno).

8. CONTROLE DE EXPOSIÇÃO E PROTEÇÃO INDIVIDUAL

- ▲ **Medidas de controle de engenharia :** Em operações com produto aquecido, utilizar ventilação local exaustora ou geral diluidora do local de trabalho. Em ambientes abertos e manobras posicionar-se a favor do vento.

▲ Parâmetros de controle específicos

1 Limites de exposição ocupacional :

BRASIL - LT / NR 15

	LT – MP		VM	
	ppm	mg/m ³	ppm	mg/m ³
Névoas de óleo		N.E.		N.E.

Data de Elaboração : Maio / 97

Data de Revisão : 03/08/05
N.º da Revisão : 03



Ficha de Informações de Segurança de Produto Químico

FISPQ n.º : 644

Página (6 de 10)

Nome do produto: **F1 MASTER PLUS SAE 20W50**

ACGIH -

	TLV - TWA		TLV - STEL	
	ppm	mg/m ³	ppm	mg/m ³
Névoas de óleo		5		10

Obs.: Segundo a NR-9, na ausência de um valor como limite de tolerância estabelecido pela NR-15, deverão ser adotados os limites de exposição ocupacional da ACGIH.

] Indicador biológico de exposição (névoa de óleo mineral):

BRASIL - LT / NR-07 (quadros 1 e 2) => N.E.

ACGIH - 1999 => N.E.

- **Procedimentos recomendados para monitoramento da exposição ocupacional :**
Metodologia NIOSH n.º 5.026 (Oil Mist Mineral).
- **Equipamentos de proteção individual apropriado**
 - 1) **Proteção respiratória :** *Em caso de operações com o produto aquecido com liberação de vapores e névoas em concentrações acima do limite de tolerância, utilizar respirador ou máscara de proteção respiratória com filtro químico contra vapores*
 - 1) **Proteção das mãos :** *Utilizar luvas impermeáveis de borracha Nitrílica ou creme de proteção adequado..*
 - 1) **Proteção dos olhos :** *Em caso de possibilidade de respingo do produto, utilizar óculos de segurança tipo ampla visão.*
 - 1) **Proteção da pele e do corpo :** *Utilizar roupa de algodão e botina de segurança com biqueira de couro.*
- **Precauções especiais :** *Evitar a exposição maciça a vapores. Produtos químicos só devem ser manuseados por pessoas capacitadas e habilitadas. Os EPIs devem possuir o CA (Certificado de Aprovação). Seguir rigidamente os procedimentos operacionais e de segurança nos trabalhos com produtos químicos. Nunca utilizar embalagens vazias de produtos químicos para outras finalidades, tais como, para armazenar produto alimentícios ou outros materiais. Cuidado este produto quando aquecido poderá liberar gás sulfídrico.*
- **Medidas de higiene :** *Roupas, luvas, calçados, EPIs devem ser limpos antes de sua reutilização. Use sempre para a higiene pessoal: água quente, sabão e cremes de limpeza. Lavar as mãos antes de ir ao banheiro, comer ou beber. Não usar gasolina, óleo diesel ou outro solvente derivado de petróleo para a higiene pessoal. Bons procedimentos operacionais e de higiene industrial ajudam a reduzir os riscos no manuseio de produtos químicos. Não beber, comer ou fumar ao manusear produtos químicos. Separar roupas de trabalho das roupas comuns.*

Data de Elaboração : Maio / 97

Data de Revisão : 03/08/05
N.º da Revisão : 03



Ficha de Informações de Segurança de Produto Químico

FISPO n.º : 644

Página (7 de 10)

Nome do produto: **F1 MASTER PLUS SAE 20W50**

9. PROPRIEDADES FÍSICO – QUÍMICAS (valores típicos)

- ▲ Estado físico: *Produto líquido, limpo e transparente a temperatura ambiente.*
- ▲ Cor: *Âmbar*
- ▲ Odor: *Sem odor objeccionável.*
- ▲ pH: *N.A. Teste não realizado para esse produto.*

- ▲ Temperaturas específicas ou faixas de temperatura nas quais ocorrem mudanças de estado físico:
 - 1 Ponto de combustão : *N.E.*
- ▲ Ponto de Fulgor : *240 °C (VAC)*
- ▲ Limites de explosividade:
 - LEI: (limite de explosividade inferior) : *N.A*
 - LES: (limite de explosividade superior) : *N.A.*
- ▲ Densidade: *0,8897 @ 20/4 °C*
- ▲ Solubilidade: *Em água : Insolúvel*
Solventes Orgânicos : Solúvel
- ▲ Outras informações:
 - 1 VISCOSIDADE : *152,0 cSt a 40 °C*
18,04 cSt a 100 °C
 - 1 PONTO DE FLUIDEZ : *- 33,0 °C*
 - 1 ÍNDICE DE VISCOSIDADE : *138*

10. ESTABILIDADE E REATIVIDADE

- ▲ Condições específicas
 - 1 Instabilidade : *Produto estável em condições normais. Não polimeriza.*
- ▲ Condição a evitar: *Fontes de calor e de ignição.*
- ▲ Materiais ou substâncias incompatíveis: *Manter afastado de ácidos e oxidantes químicos fortes (peróxidos, cloratos, ácido crômico, etc...), fontes de calor e de ignição.*
- ▲ Produtos perigosos de decomposição: *Combustão incompleta emitirá: gases irritantes e tóxicos. Óxidos de nitrogênio, de carbono e de enxofre, particulados e fumaça.*

Data de Elaboração : *Maio / 97*

Data de Revisão : *03/08/05*
N.º da Revisão : *03*



Ficha de Informações de Segurança de Produto Químico

FISPQ n.º : 644

Página (8 de 10)

Nome do produto: **F1 MASTER PLUS SAE 20W50**

11. INFORMAÇÕES TOXICOLÓGICAS

★ **Informações de acordo com as diferentes vias de exposição :**

1 **Rota de exposição :** *Sob uso normal , a principal rota de exposição se dá pela pele. Sob altas pressões , por exemplo , pulverizações ou operar o produto a quente , poderá ser através da inalação.*

1 **Toxicidade aguda:**

- **Inalação:** *Leve irritação para o sistema respiratório.*
- **Contato com a pele:** *Não se espera irritação significativa ou prolongada.*
- **Contato com os olhos:** *Normalmente não causa efeitos significativos.*
- **Ingestão:** *Nenhum efeito adverso a saúde é esperado por curto período de exposição. A ingestão acidental de grandes quantidades de óleo pode provocar irritação do trato digestivo resultando em náuseas, vômito e diarreia.*

1 **Efeitos locais:** *Em contato prolongado pode causar irritações, fissuras, queimaduras (produto a quente) e dermatites.*

★ **Toxicidade crônica :** *Exposições repetidas a névoas e vapores podem irritar o trato respiratório. Não existe evidência de que esse tipo de óleo seja carcinogênico a animais de experimentação , porque de acordo com o teste AMES (ASTM E – 1687) nenhum dos óleos básicos utilizados na formulação deste produto é considerado carcinogênico. A avaliação dos efeitos tóxicos foi baseada nas fichas de segurança de produto dos óleos básicos, aditivos e de produtos similares.*

★ **Outros limites e valores :**

DOSE LETAL (DL₅₀) : rato-oral > 2.000 mg / kg (literatura)
Coelho - dermal > 5.000 mg / kg (literatura)

12. INFORMAÇÕES ECOLÓGICAS

★ **Efeitos ambientais, comportamento e impactos do produto :** *Deve-se estar atento para a possibilidade de contaminação de mananciais , que são utilizados para a produção de água potável , pois estes devem estar totalmente isentos de produtos derivados de petróleo.*

1 **Mobilidade:** *Baixa , devido a baixa solubilidade da água.*

1 **Persistência / degradabilidade:** *Não é facilmente biodegradável.*

1 **Bioacumulação:** *Log. K_{ow} > 3,9 (literatura)*

1 **Ecotoxicidade:** *Estudos de toxicidade crônica não mostram riscos prolongado para o meio ambiente aquático.*

Data de Elaboração : Maio / 97

Data de Revisão : 03/08/05
N.º da Revisão : 03



Ficha de Informações de Segurança de Produto Químico

FISPQ n.º : 644

Página (9 de 10)

Nome do produto: **F1 MASTER PLUS SAE 20W50**

13. CONSIDERAÇÕES SOBRE TRATAMENTO E DISPOSIÇÃO

- ▲ **Métodos de tratamento e disposição :**
 - 1 **Produto:** *Esgotar sempre as possibilidades de reaproveitamento do produto no processo de fabricação. O tratamento e a disposição do produto devem ser avaliados tecnicamente, caso a caso.*
 - 1 **Resíduo do produto:** *Incineração ou aterramento de acordo com regulamentação federal ou regional*
 - 1 **Embalagem contaminadas:** *Não usar para armazenar água ou produtos para consumo humano. Queimar em incinerador ou colocar em aterro específico. Deveriam ser consideradas como lixo perigoso e tomados os cuidados de acordo com o regulamentos locais.*

14. INFORMAÇÕES SOBRE O TRANSPORTE

- ▲ **Regulamentações internacionais:** *Este produto não é considerado como produto perigoso para o transporte terrestre , marítimo e aéreo de acordo com os respectivos regulamentos (ADR , IMDG , IATA – DGR).*
- ▲ **Regulamentação nacional:** *Este produto é classificado como perigoso para transporte , de acordo com a Resolução 420 da Agência Nacional de Transportes Terrestres de 12 / 02 / 2004.*

15. REGULAMENTAÇÕES

- ▲ **Regulamentações :**

Não é classificado como produto perigoso de acordo com as diretrizes europeias de classificação de produtos perigosos e preparações. Nenhum rótulo é necessário.
- ▲ **A Informações sobre riscos e segurança :**

Frase de Segurança : S – 60 : Este material e / ou seu container deve ser disposto como lixo perigoso.

16. OUTRAS INFORMAÇÕES

Nos locais onde se manipulam produtos químicos deverá ser realizado o monitoramento da exposição dos trabalhadores, conforme PPRA (Programa de Prevenção de Riscos Ambientais) da NR-9. Funcionários que manipulam produtos químicos, em geral, devem ser monitorados biologicamente conforme o PCMSO (Programa de Controle Médico de Saúde Ocupacional) da NR-7.

Data de Elaboração : Maio / 97

Data de Revisão : 03/08/05
N.º da Revisão : 03



Ficha de Informações de Segurança de Produto Químico

FISPO n.º : 644

Página (10 de 10)

Nome do produto: **F1 MASTER PLUS SAE 20W50**

As informações e recomendações constantes desta publicação foram pesquisadas e compiladas de fontes idôneas, dos MSDS dos fornecedores e de legislações aplicáveis ao produto.

Os dados dessa Ficha referem-se a um produto específico e podem não ser válidos onde esse produto estiver sendo usado em combinação com outros. As Empresas Petróleo Ipiranga com os fatos desta ficha, não pretendem estabelecer informações absolutas e definitivas sobre o produto e seus riscos, mas subsidiar com informações, diante do que se conhece, os seus funcionários e clientes para sua proteção individual, manutenção da continuidade operacional e preservação do Meio Ambiente.

*Bibliografia : * Concawe Brussels – June 1997 – Dossier N.º 97 / 108*

** Gosselin, R.E., R.P. Smith, H.C. Hodge. Clinical Toxicology of Commercial Products. 5th ed. Baltimore: Williams and Wilkins, 1984..p. II-156*

SIGLAS UTILIZADAS :

N.A. = Não se Aplica	N.D. = Não Disponível	N.R. = Não Relevante
NR = Norma Regulamentadora		N.E. = Não Especificado
LT – MP = Limite de Tolerância – Média Ponderada		VM = Valor Máximo
ACGIH = American Conference of Governmental Industrial Hygienists		
TLV - TWA = Threshold Limit Value – Time Weighted Average		
TLV – STEL = Threshold Limit Value – Short-Term Exposure Limit		
IARC = International Agency for Research on Cancer		
PPRA = Programa de Prevenção de Riscos Ambientais		
PCMSO = Programa de Controle Médico de Saúde Ocupacional		
IMDG = International Maritime Dangerous Goods Code		
IATA–DGR = International Air Transport Association – Dangerous Goods Regulation		

Elaboração : ISATEC

Data de Elaboração : Maio / 97

Data de Revisão : 03/08/05
N.º da Revisão : 03

ANEXO 2 – QUADROS E TABELAS

Quadro 1 – Procedimento de coleta de amostra no ensaio 1.

Intervalo	Duração (min)	Procedimento
0	-	Coleta do efluente no momento do início do ensaio
0-2	2	Coleta de 1 L do efluente no início do intervalo
2-4	2	Coleta de 1 L do efluente no início do intervalo
4-6	2	Coleta de 1 L do efluente no início do intervalo
6-8	2	Coleta de 1 L do efluente no início do intervalo
8-10	2	Coleta de 1 L do efluente no início do intervalo
10-12	2	Coleta de 1 L do efluente no início do intervalo
12-14	2	Coleta de 1 L do efluente no meio do intervalo
14-16	2	Coleta de 1 L do efluente no meio do intervalo
16-18	2	Coleta de 1 L do efluente no término do intervalo
18-20	2	Coleta de 1 L do efluente no término do intervalo
20-30	10	Período de pausa para reação entre o detergente com o óleo
30-45	15	Manipulação mecânica da superfície
45-46	1	Coleta de 1 L do efluente no início do intervalo

Quadro 2 – Procedimento de coleta de amostra no Ensaio 2.

Intervalo	Duração (min)	Procedimento
0-1	1	Coleta de todo o efluente durante o intervalo
1-2	1	Coleta de todo o efluente durante o intervalo
2-3	1	Coleta de todo o efluente durante o intervalo
3-4	1	Coleta de todo o efluente durante o intervalo
4-5	1	Coleta de todo o efluente durante o intervalo
5-6	1	Coleta de 1 L do efluente no término do intervalo
6-7	1	Coleta de 1 L do efluente no término do intervalo
7-8	1	Coleta de 1 L do efluente no término do intervalo
8-9	1	Coleta de 1 L do efluente no término do intervalo
9-10	1	Coleta de 1 L do efluente no término do intervalo
10-12	2	Coleta de 1 L do efluente no término do intervalo
12-14	2	Coleta de 1 L do efluente no término do intervalo
14-16	2	Coleta de 1 L do efluente no término do intervalo
16-18	2	Coleta de 1 L do efluente no término do intervalo
18-20	2	Coleta de 1 L do efluente no término do intervalo
20-30	10	Período de pausa para reação entre o detergente com o óleo
30-45	15	Manipulação mecânica da superfície
45-46	1	Coleta de todo o efluente durante o intervalo

Quadro 3 – Procedimento de coleta de amostra no Ensaio 3.

Intervalo	Duração (min)	Procedimento
0-1	1	Coleta de 1 L do efluente no começo do intervalo
1-2	1	Coleta de 1 L do efluente no começo do intervalo
2-3	1	Coleta de 1 L do efluente no começo do intervalo
3-4	1	Coleta de 1 L do efluente no começo do intervalo
4-5	1	Coleta de 1 L do efluente no começo do intervalo
5-6	1	Coleta de 1 L do efluente no começo do intervalo
6-7	1	Coleta de 1 L do efluente no começo do intervalo
7-8	1	Coleta de 1 L do efluente no começo do intervalo
8-9	1	Coleta de 1 L do efluente no começo do intervalo
9-10	1	Coleta de 1 L do efluente no começo do intervalo
10-12	2	Coleta de 1 L do efluente no término do intervalo
12-14	2	Coleta de 1 L do efluente no término do intervalo
14-16	2	Coleta de 1 L do efluente no término do intervalo
16-18	2	Coleta de 1 L do efluente no término do intervalo
18-20	2	Coleta de 1 L do efluente no término do intervalo
20-30	10	Período para reação entre o detergente com o óleo
30-45	15	Manipulação mecânica da superfície
45-46	1	Coleta de 1 L do efluente no começo do intervalo
46-47	1	Coleta de 1 L do efluente no começo do intervalo
47-48	1	Coleta de 1 L do efluente no começo do intervalo
48-49	1	Coleta de 1 L do efluente no começo de cada intervalo

Tabela 1 – Concentração e porcentagens de óleo nas amostras do efluente do Ensaio 1.

Intervalo	Concentração de óleo (mg/L)	Concentração de óleo (% do total)	Carga poluidora (mg/min)	Concentração de óleo (% acumulada)
0	36,00	7,32	201,60	7,32
0-2	213,10	43,34	1193,36	50,66
2-4	111,90	22,76	626,64	73,42
4-6	66,20	13,46	370,72	86,88
6-8	13,50	2,75	75,60	89,63
8-10	12,80	2,60	71,68	92,23
10-12	10,40	2,12	58,24	94,35
12-14	5,90	1,20	33,04	95,55
14-16	10,10	2,05	56,56	97,60
16-18	6,90	1,40	38,64	99,00
18-20	4,90	1,00	27,44	100,00

Tabela 2 – Concentração e porcentagens de óleo nas amostras do efluente do Ensaio 2.

Intervalo	Concentração de óleo (mg/L)	Concentração de óleo (% do total)	Carga poluidora (mg/min)	Concentração de óleo (% acumulada)
0-1	241,55	4,40	978,28	4,40
1-2	228,30	4,16	924,61	8,56
2-3	969,63	17,66	3927,02	26,22
3-4	441,60	8,04	1788,48	34,26
4-5	426,20	7,76	1726,11	42,03
5-6	451,50	8,22	1828,58	50,25
6-7	383,40	6,98	1552,77	57,23
7-8	347,00	6,32	1405,35	63,55
8-9	337,00	6,14	1364,85	69,69
9-10	273,70	4,99	1108,48	74,68
10-12	239,30	4,36	969,16	79,04
12-14	296,70	5,40	1201,63	84,44
14-16	276,40	5,03	1119,42	89,47
16-18	282,90	5,15	1145,75	94,63
18-20	295,00	5,37	1194,75	100,00

Tabela 3 – Concentração e porcentagens de óleo nas amostras do efluente do Ensaio 3.

Intervalo	Concentração de óleo (mg/L)	Concentração de óleo (% do total)	Carga poluidora (mg/min)	Concentração de óleo (% acumulada)
0	300,3	6,82	1216,22	6,82
0-1	340,8	7,74	1380,24	14,56
1-2	299,7	6,80	1213,79	21,36
2-3	392,4	8,91	1589,22	30,27
3-4	365,5	8,30	1480,27	38,57
4-5	316,7	7,19	1282,63	45,76
5-6	303	6,88	1227,15	52,64
6-7	294,8	6,69	1193,94	59,33
7-8	295,1	6,70	1195,15	66,03
8-9	230,4	5,23	933,12	71,27
9-10	243,3	5,52	985,37	76,79
10-12	238,9	5,42	967,55	82,21
12-14	216,3	4,91	876,02	87,13
14-16	207	4,70	838,35	91,83
16-18	182,5	4,14	739,12	95,97
18-20	177,5	4,03	718,88	100,00

Tabela 4 – Concentração e porcentagens de óleo nas amostras do efluente do Ensaio 3 após a limpeza química e mecânica da bandeja de experimento.

Intervalo após limpeza	Concentração de óleo (mg/L)	Concentração de óleo (% do total)	Concentração de óleo (% acumulada)
0-1	975,6	66,25	66,25
1-2	365,8	24,84	91,08
2-3	62,6	4,25	95,34
3-4	68,7	4,66	100,00

ANEXO 3 - PARÂMETROS DOS ESTUDOS DE QUALIDADE DE ÁGUA

Segundo Lopes (2012); Nakada, 2012; Nakada; Moruzzi, 2014; Wisbeck et al., 2011; Vivacqua; Santos, 2005; May, 2004; Bezerra et al., 2012; De Azevedo, 2007; Zulauf, 2000; Moura, 2008 e ABNT, 2007, as características físicas, químicas e biológicas analisadas para viabilizar o aproveitamento de água de chuva captada de área de telhados são:

- **Turbidez** (uT): é causada pela presença de sólidos suspensos na água, que gera interferência à passagem da luz, conferindo aspecto turvo.
- **Cor** (Hazen - Uh): é causada pela presença de sólidos dissolvidos na água, podendo ser classificada como cor aparente ou verdadeira. Em geral, parte da cor aparente é causada pela turbidez, e quando removida, torna-se cor verdadeira.
- **Temperatura** (graus Celsius - °C): é a grandeza que quantifica a intensidade de calor. Temperaturas elevadas aumentam as reações químicas e biológicas, diminuem a solubilidade de oxigênio dissolvido e aumentar a liberação de gases da solução.
- **Condutividade** (micro Siemens por centímetro - $\mu\text{S}/\text{cm}$): representa a resistência média entre fases opostas de um cubo de solução aquosa de 1,0 cm de aresta (ABNT NBR 9896:1993), e Lopes (2012) ocorre devido à presença de íons dissolvidos na água e é utilizado como indicador da presença de sais.
- **Potencial Hidrogeniônico** (pH): representa a concentração de íons de hidrogênio presentes na água na escala antilogarítmica, com faixa variável entre 0 a 14, indicando a condição de acidez, neutralidade ou alcalinidade da água.
- **Alcalinidade** (miligramas por litro de carbonato de cálcio - mg/L de CaCO_3): é a capacidade de resistir a mudanças de pH causada por ácidos, sendo os principais substâncias os sólidos dissolvidos na forma de bicarbonatos (HCO_3^-), carbonatos (CO_3^{2-}) e os hidróxidos (OH^-). A medida é importante na determinação da dureza da água.
- **Acidez** (miligrama por litro de carbonato de cálcio - mg/L de CaCO_3): é a capacidade de resistir a mudanças de pH causada por bases, sendo as principais substâncias os sólidos dissolvidos na forma de gás carbônico livre (CO_2) e o gás sulfídrico (H_2S).
- **Dureza** (miligramas por litro de carbonato de cálcio - mg/L de CaCO_3): é caracterizada pela presença de cátions multimetálicos, principalmente (Ca^{+2}) e magnésio (Mg^{+2}), sendo considerada mole, moderada e dura.

- **Cloretos e Sulfatos** (miligramas de composto por litro de solução - mg/L): são componentes resultantes da dissolução de sais, e em determinadas concentrações são indicadores de provável poluição (MAY, 2004).
- **Nitrogênio** (miligrama de composto por litro de solução - mg/L): é o elemento que serve de nutrientes para microorganismos e algas no meio aquático, podendo ser encontrado sob diversas formas na água, e em elevadas concentrações permitem crescimento de algas, eutrofizando corpos hídricos. Pode ser encontrados sob a forma orgânica através de moléculas complexas de proteínas, aminoácidos e uréia, resultado de lançamento de poluentes industriais, domésticos, excrementos de animais e fertilizantes na água. No segundo estágio as moléculas orgânicas são transformadas em amônia (NH_3 ou NH_4^+). No terceiro estágio sob a forma de (NO_2^-), e por fim sob a forma de nitrato (NO_3^-).
- **Fósforo** (miligrama de composto por litro de solução - mg/L): é nutrientes de microorganismos e algas no meio aquático. Pode ser encontrados sob forma orgânica, proveniente de lançamento de poluentes industriais, domésticos, excrementos e fertilizantes, ou como polifosfatos ou ortofosfatos (PO_4^{3-} , HPO_4^{2-} , H_2PO_4^- , H_3PO_4) que estão disponíveis para o metabolismo biológico sem necessidade de mais conversões.
- **Oxigênio Dissolvido** (OD - miligramas de oxigênio por litro de solução - mg/L): é indicador do grau de poluição das águas, visto que para decompor e estabilizar os poluentes orgânicos, os microorganismos aeróbicos oxidam matéria orgânica, reduzindo assim a concentração de oxigênio dissolvido. Em situações de ambiente anaeróbico, a decomposição da matéria orgânica ocorre pela ação de bactérias anaeróbicas, gerando odores desagradáveis devido a produção de gás metano (CH_4).
- **Demanda Bioquímica de Oxigênio** (DBO - miligrama de oxigênio por litro – mg/L): é indicador de teor de poluentes orgânicos, pois mede a quantidade de oxigênio consumido pelas bactérias decompositoras para oxidação e estabilização de matéria orgânica presente na água. É mensurado pela diferença entre o teor de OD no dia da coleta e após 5 dias de armazenamento em frasco tampado a temperatura de 20° C.
- **Demanda Química de Oxigênio** (DQO - miligrama de oxigênio por litro - mg/L): é indicador do teor de poluentes orgânicos na água, visto que mede o oxigênio consumido durante a oxidação química da matéria orgânica, utilizando dicromato de potássio em meio ácido.

- **Sólidos** (miligramas de sólidos por litro - mg/L): são todas as impurezas presentes na água, excetuando os gases dissolvidos. De acordo com suas características físicas podem ser classificados em dissolvidos ($> 1,2 \mu\text{m}$) ou suspensos ($< 1,2 \mu\text{m}$), e em relação às características químicas em voláteis (voláteis a temperatura $> 550 \text{ }^\circ\text{C}$) ou fixos (não voláteis a temperatura $> 550 \text{ }^\circ\text{C}$, representando a fração inorgânica).
- **Coliforme** (número de unidade formadoras de colônia em cada 100 mililitros de solução - UFC/100mL): são bactérias utilizadas como indicador de contaminação, determinando a condição higiênica local, sendo composto por coliformes não fecais e fecais. Estes indicam a presença de contaminação por fezes humanas ou de animais de sangue quente, informando que existem agentes patogênicos na água.
- ***Escherichia coli*** (número de unidades formadoras de colônia em cada 100 mililitro de solução - UFC/100mL): são bactérias do grupo dos coliformes fecais cujo o ambiente natural e de reprodução é o trato intestinal do animal e outros animais de sangue quente, indicando contaminação recente.