



UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ

INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS

FACULDADE DE GEOLOGIA

---

CURSO DE ESPECIALIZAÇÃO EM GESTÃO DE RECURSOS HÍDRICOS

**TRATAMENTO E REUTILIZAÇÃO DAS ÁGUAS DE LAVAGEM DE VEÍCULOS.  
Estudo de caso do sistema de lavagem rápida do posto de combustível UBN,  
localizado na Av. Alcindo Cacela esquina com a Rua dos Mundurucus –  
Belém/PA.**

Monografia apresentada por:

EDUARDO ARAUJO DE SOUZA LEÃO

Orientador:

PROF. Dr. MILTON ANTONIO DA SILVA MATTA

---

BELÉM

2008

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ

INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS

FACULDADE DE GEOLOGIA

CURSO DE ESPECIALIZAÇÃO EM GESTÃO DE RECURSOS HÍDRICOS

**TRATAMENTO E REUTILIZAÇÃO DAS ÁGUAS DE LAVAGEM DE VEÍCULOS.**

**Estudo de caso do sistema de lavagem rápida do posto de combustível UBN, localizado na Av. Alcindo Cacela esquina com a Rua dos Mundurucus – Belém/PA.**

Monografia de Curso de Especialização em Gestão de Recursos Hídricos da Universidade Federal do Pará, apresentada como requisito à obtenção do título de Especialista em Gestão de Recursos Hidricos, sob a orientação do Prof. Dr. Milton Matta.

Belém, 29 de fevereiro de 2008.

Membros da banca examinadora:

Prof. Dr. Marcelo Cancela Lisboa Cohen

Prof. Dr. José Fernando Pina de Assis

Prof. Msc. Valeria Pinheiro

BELÉM

2008

## SUMÁRIO

	<b>LISTA DE ILUSTRAÇÕES</b>	iv
	<b>LISTA DE ABREVIATURAS</b>	vi
	<b>RESUMO</b>	01
<b>1.</b>	<b>INTRODUÇÃO</b>	02
1.1.	A ÁREA DE ESTUDO	03
1.2.	OBJETIVOS	03
<b>1.2.1.</b>	<b>Objetivos Específicos</b>	04
1.3.	JUSTIFICATIVA	04
1.4.	METODOLOGIA	05
1.5.	A REUTILIZAÇÃO DA ÁGUA	09
<b>2.</b>	<b>CARACTERIZAÇÃO DO EMPREENDIMENTO</b>	13
2.1.	TIPO DE EMPREENDIMENTO	13
2.2.	FONTE DE FORNECIMENTO DE ÁGUA	13
2.3.	QUALIDADE DA ÁGUA DE ABASTECIMENTO	14
<b>2.3.1.</b>	<b>Interpretação dos dados obtidos</b>	14
	Potencial Hidrogeniônico (pH)	14
	Cor Aparente	15
	Turbidez	16
	Dureza	17
	Alcalinidade	17
	Ferro Total	18
2.4.	VAZÃO MÉDIA	19
2.5.	SISTEMA DE TRATAMENTO UTILIZADO NO EMPREENDIMENTO	19
2.6.	AVALIAÇÃO ECONÔMICA DO FUNCIONAMENTO DO EMPREENDIMENTO	19
<b>3.</b>	<b>PROPOSTA DE SISTEMA DE TRATAMENTO E REUTILIZAÇÃO DAS ÁGUAS DE LAVAGEM DE VEÍCULOS</b>	21
3.1.	CARACTERIZAÇÃO DOS EFLUENTES GERADOS NA LAVAGEM DE VEÍCULOS	21
<b>3.1.1.</b>	<b>Interpretação dos dados analisados</b>	22
	Potencial Hidrogeniônico (pH)	22

Cor Aparente	22
Turbidez	23
Dureza	24
Alcalinidade	24
Ferro Total	25
3.2. ESTUDOS DE FLOCULAÇÃO, DECANTAÇÃO E FILTRAÇÃO EM ESCALA DE BANCADA	26
3.2.1. Procedimento Experimental	27
3.2.1.1. Estudos de Bancada ( <i>Jar Test</i> )	27
3.3. DIMENSIONAMENTO DO SISTEMA DE TRATAMENTO A SER ADOTADO	31
3.3.1. Caixa de areia	32
3.3.2. Caixa separadora de água e óleo	33
3.3.3. Chicanas de homogeneização (mistura rápida)	34
3.3.4. Decantação de fluxo horizontal (mistura lenta)	35
3.3.5. Filtragem rápida	36
3.3.6. Sistema de bombeamento e tanque de água limpa	37
4. RESULTADOS ESPERADOS	39
5. AVALIAÇÃO TÉCNICA E FINANCEIRA DA IMPLANTAÇÃO DO SISTEMA	41
6. CONCLUSÕES	43
7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	44

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

### LISTA DE FIGURAS

FIGURA 01 – Mapa de localização do empreendimento (fonte: Google Earth)	03
FIGURA 02 – Local de coleta da água de abastecimento e do efluente do sistema de lavagem no empreendimento.	06
FIGURA 03 – Sistema de lavagem de veículos utilizado.	13
FIGURA 04 – Variação de pH nas águas de abastecimento do empreendimento.	15
FIGURA 05 – Variação da cor aparente nas águas de abastecimento do empreendimento.	16
FIGURA 06 – Variação de turbidez nas águas de abastecimento do empreendimento.	16
FIGURA 07 – Variação de dureza nas águas de abastecimento do empreendimento.	17
FIGURA 08 – Variação de alcalinidade nas águas de abastecimento do empreendimento.	18
FIGURA 09 – Variação de ferro total nas águas de abastecimento do empreendimento.	19
FIGURA 10 – Variação do pH no efluente do empreendimento.	22
FIGURA 11 – Variação da Cor Aparente no efluente do empreendimento.	23
FIGURA 12 – Variação da turbidez no efluente do empreendimento.	23
FIGURA 13 – Variação de dureza no efluente do empreendimento.	24
FIGURA 14 – Variação da Alcalinidade no efluente do empreendimento.	25
FIGURA 15 – Variação de Ferro Total no efluente do empreendimento.	26
FIGURA 16 – Jar test utilizado para estudo	27
FIGURA 17 – Foto comparativa entre o efluente antes da filtração (esquerda) e após filtração com areia (direita)	31
FIGURA 18 – Esquema do sistema de tratamento	32
FIGURA 19 – Desenho esquemático da caixa de areia	33

FIGURA 20 – Desenho esquemático da caixa de areia conjugada com a caixa separadora de água e óleo em planta, perfil e corte lateral	34
FIGURA 21 – Desenho esquemático da chicanas de homogeneização (mistura rápida)	35
FIGURA 22 – Desenho esquemático dd decantador de fluxo horizontal (mistura lenta) em planta, perfil e corte lateral	36
FIGURA 23 – Desenho esquemático do projeto do Filtro em planta, perfil e corte lateral	37
FIGURA 24 – Desenho esquemático do sistema de bombeamento e recirculação de água limpa	38
FIGURA 25 – Comparação entre as cores aparentes do efluente antes e após o tratamento	39
FIGURA 26 – Comparação entre a turbidez do efluente antes e após o tratamento	39

#### **LISTA DE TABELAS**

TABELA 01 – Parâmetros e concentrações analisadas para água da COSANPA	14
TABELA 02 – Parâmetros e concentrações analisadas para o efluente	21
TABELA 03 – Comparação entre floculantes	28
TABELA 04 – Comparação entre a concentração dos floculantes	29
TABELA 05 – Comparação entre os tempos de agitação rápida	29
TABELA 06 – Comparação entre os tempos de decantação	30
TABELA 07 – Comparação entre meios filtrantes	30

## LISTA DE ABREVIATURAS

COSANPA	Companhia de Saneamento do Estado do Pará
SECON	Secretaria Municipal de Economia de Belém
SEMMA	Secretaria Municipal de Meio Ambiente de Belém
ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
UC	Unidade de Cor
UNT	Unidade Nefelométrica de Turbidez
CONAMA	Conselho Nacional de Meio Ambiente
ONU	Organização das Nações Unidas
SABESP	Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo
ETE	Estação de Tratamento de Esgoto
pH	Potencial Hidrogeniônico
EDTA	Ácido etilenodiaminotetracético

## **RESUMO**

Segundo dados da Organização das Nações Unidas - ONU, em menos de 50 anos, mais de 45% da população mundial sofrerá com a falta de água. Em relação à água utilizada na lavagem de veículos, no Brasil, cerca de 32.700 postos de lavagem consomem aproximadamente 3,7 milhões de metros cúbicos por mês, o equivalente ao consumo mensal de uma cidade de 600 mil habitantes (TABOSA, 2003). Em Belém, são 480 postos de lavagem licenciados pela prefeitura, excluindo empresas de ônibus, transportadoras e revendas de carros (fonte Secretaria Municipal de Meio Ambiente - SEMMA). Este estudo visou à pesquisa e ao desenvolvimento de um processo de tratamento e reciclagem da água na lavagem de veículos. Esse tratamento, desenvolvido no Laboratório da Companhia de Saneamento do Pará – COSANPA gerou um sistema confeccionado em fibra de vidro de baixo custo, que proporcionará a reutilização da água e um baixo custo de operação para o empreendimento. O sistema de tratamento foi orçado também em alvenaria e em concreto armado, porém o de fibra de vidro mostrou ser o mais viável economicamente e operacionalmente. Esta proposta de sistema de tratamento consiste: em uma caixa de areia, para remover sólidos suspensos grosseiros; uma caixa separadora de água e óleo, para remover óleos, sabão e detergentes contidos no efluente; um sistema dosador de floculante; um decantador/floculador de eixo horizontal; filtragem rápida; e sistema de recirculação com bombeamento automático e reservatório de água limpa. Esse sistema de tratamento tem como umas das suas metas, ser patenteado e difundido para todo o município, a fim de diminuir o desperdício de água tratada e de boa qualidade que já é mais de 50% em Belém (COSANPA, 2007). O trabalho apresenta um estudo de caso detalhado das etapas técnicas do sistema de tratamento, e discute o potencial na preservação da água: fonte de vida.



## 1. INTRODUÇÃO

A reciclagem ou reutilização da água não é um conceito novo na história do nosso planeta. A natureza, por meio do ciclo hidrológico, vem reciclando e reutilizando a água há milhões de anos, e com muita eficiência.

Cidades, lavouras e indústrias já se utilizam, há muitos anos, de uma forma indireta, ou pelo menos não planejada de reutilização, que resulta da utilização de águas, por usuários de jusante que captam águas que já foram utilizadas e devolvidas aos rios pelos usuários de montante. Milhões de pessoas no mundo todo são abastecidas por esta forma indireta de água de reutilização.

Durante muitos anos este sistema funcionou de forma amplamente satisfatória, o que, contudo não acontece mais em muitas regiões, face ao agravamento das condições de poluição, basicamente pela falta de tratamento adequado de efluentes urbanos, quando não pela sua total inexistência.

Evoluiu-se, então, para uma forma denominada direta de reutilização, que é aquela em que se trata um efluente para sua reutilização em uma determinada finalidade, que pode ser interna ao próprio empreendimento, ou externa, para uma finalidade distinta da primeira, como por exemplo, a prática de reutilização de efluentes urbanos tratados para fins agrícolas.

O aumento da preocupação com o meio ambiente e, em especial, com o uso dos recursos hídricos resultou na valorização da água potável como bem de consumo. Frente a potencial escassez deste recurso, os órgãos ambientais têm aplicado a legislação com maior rigor. Ao mesmo tempo, a tarifa da água potável vem sofrendo aumentos progressivos em alguns estados, especialmente para os consumidores de maiores quantidades e a outorga de água subterrânea está para ser aprovada quando mesmo os poços particulares serão hidrometrados e cobrados pelo uso.

Em nível internacional, a principal tendência nas empresas e indústrias é a implementação de sistemas para a recirculação ou reutilização da água gerada em seus processos. Estes sistemas funcionam de maneira integrada com o processo que gera o efluente visando à redução de desperdícios. Para tanto é necessário um processo de alta eficiência e baixo custo para o tratamento dos efluentes líquidos.

A atividade de lavagem de veículos utiliza uma grande quantidade de água que normalmente não é reaproveitada, sendo simplesmente descartada na rede de

drenagem municipal. Nos últimos anos, aumentou a preocupação com esse fato que, além de representar um custo elevado para algumas empresas, pode causar impactos no ambiente aquático, com sólidos suspensos totais, detergentes e produtos químicos.

O principal objeto deste estudo é um posto de serviço de lavagem de veículos (lava-jato) bastante movimentado no município de Belém, funcionando das 8 horas até as 22 horas de segunda à domingo que serviu de estudo de caso de reuso de água.

### 1.1. ÁREA DE ESTUDO

O empreendimento objeto deste estudo se localiza na cidade de Belém, sito à Avenida Alcindo Cacela esquina com a Rua dos Mundurucus, sob as coordenadas 1°27'28,51" S e 48°28'38,46" W, com elevação de 8 metros (Figura 01).

A referida área está localizada, segundo o mapa 9, anexo 2 da Lei Municipal 002/99, em uma área caracterizada como Zona de Uso Misto (ZUM-7), podendo ser classificada como área mista, com vocação comercial e administrativa.



FIGURA 01 – Mapa de localização do empreendimento. Fonte: Google Earth, 2007.

### 1.2. OBJETIVOS

O principal objetivo deste estudo é dimensionar um sistema de tratamento para reutilização de água de lavagem de veículos a baixo custo para ser adotado em

todos os lava-jatos do município de Belém, a fim de diminuir o desperdício de água tratada e água subterrânea.

### **1.2.1. Objetivos Específicos**

- Caracterizar o efluente típico de um lava-jato do município de Belém;
- Quantificar o desperdício do empreendimento e prever a rentabilidade do uso do sistema de tratamento;
- Analisar a eficiência do sistema proposto;
- Patentear o sistema de tratamento;

### **1.3. JUSTIFICATIVA**

A limitação de reservas de água doce no planeta, o aumento da demanda de água para atender, principalmente, o consumo humano, agrícola e industrial, a prioridade de utilização dos recursos hídricos disponíveis para abastecimento público e as restrições que vêm sendo impostas em relação ao lançamento de efluentes no meio ambiente, torna necessária a adoção de estratégias que visem racionalizar a utilização dos recursos hídricos e mitigar os impactos negativos relativos à geração de efluentes pelas indústrias.

Além disso, a heterogeneidade da distribuição dos recursos hídricos e das populações nas diversas regiões do planeta e mesmo no Brasil faz com que seja cada vez mais difícil o abastecimento de algumas regiões, principalmente as metropolitanas, tendo por conseqüência aumentos gradativos dos custos de fornecimento de água.

Neste contexto, as práticas conservacionistas como o uso eficiente e a reutilização da água, constituem uma maneira inteligente de se poder ampliar o número de usuários de um sistema de abastecimento, sem a necessidade de grandes investimentos na ampliação ou a instalação de novos sistemas de abastecimento de água.

A definição de reutilização no dicionário brasileiro é o processo de utilização da água por mais de uma vez, tratada ou não, para o mesmo ou outro fim. Essa reutilização pode ser direta ou indireta, decorrente de ações planejadas ou não. A água de reutilização, tratada, pode ser produzida dentro das Estações de Tratamento de Esgoto e pode ser utilizada para inúmeros fins, como geração de

energia, refrigeração de equipamentos, em diversos processos industriais, em prefeituras e entidades que usam a água para lavagem de ruas e pátios, no setor hoteleiro, irrigação/rega de áreas verdes, desobstrução de rede de esgotos e águas pluviais e lavagem de veículos.

A grande vantagem da utilização da água de reutilização é a de preservar água potável exclusivamente para atendimento de necessidades que exigem a sua potabilidade, como para o abastecimento humano. Em Belém, estima-se existir 2.500 lava-jatos, segundo a Secretaria Municipal de Economia – SECON, sendo que menos de 500 deles estão licenciados pela SEMMA. Esse licenciamento dá o controle de poluição e é uma forma do poder público exigir o tratamento de efluentes das empresas, pois sem caixa separadora de óleo e água, não se libera uma licença de funcionamento para essa atividade.

#### 1.4. METODOLOGIA

Inicialmente foi feita uma pesquisa bibliográfica na Região Metropolitana de Belém sobre o tema, porém nada foi encontrado. Não existem levantamentos sobre as características dos efluentes gerados por essa atividade, tampouco uma proposta de um sistema de reutilização da água do mesmo. O único tipo de reutilização que tem sido pesquisado no município é a reutilização da água da chuva para lavagem de pátios e automóveis.

E para o estudo de caso em questão, se dividiu a pesquisa em 6 etapas.

##### **Primeira etapa: Amostragem.**

Para caracterizar a qualidade da água que está sendo usada e que será reutilizada, foram feitas coletas de cinco amostras para cada ponto, a fim de gerar profundidade e margem de erro para o estudo.

Um dos setores de amostragem foi a entrada de água para o sistema de lavagem, como ponto de controle para diagnosticar a qualidade da água que está sendo utilizada. O ponto de saída para a drenagem também foi amostrado a fim de caracterizar o efluente.

O outro setor de amostragem foi o efluente do *jar test* após tratamento de bancada, utilizando o efluente coletado.

As amostragens foram feitas todos os dias (cinco dias) de uma semana normal de funcionamento do empreendimento a fim de diagnosticar a variação média do efluente.

A campanha teve início no dia 26 de novembro de 2007 com término no dia 30 do mesmo mês. E todas as coletas foram feitas às 13 horas, com encaminhamento imediato para o laboratório da COSANPA.

O ponto de coleta para água limpa do processo foi uma torneira ao lado do sistema de lavagem e o efluente foi coletado na canaleta de drenagem do sistema (Figura 02).



FIGURA 02 – Local de coleta da água de abastecimento e do efluente do sistema de lavagem no empreendimento.

### **Segunda etapa: Análises.**

Para caracterizar a qualidade da água para o uso que estava sendo empregado pelo empreendimento, foram analisados os seguintes parâmetros: pH, turbidez, cor aparente, alcalinidade, dureza e ferro total.

As metodologias analíticas para os parâmetros físicos e químicos seguiram os padrões técnicos especificados nas normas nacionais que disciplinam a matéria, principalmente a Portaria N<sup>o</sup> 518/05, do Ministério da Saúde do Brasil e os preceitos estabelecidos pelo *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater* de autoria da *American Public Health Association (APHA)*, *American Water Works Association (AWWA)* e *Water Environment Federation (WEF)*.

Tais parâmetros são necessários para avaliar a qualidade para lavagem de veículos, a fim de determinar a concentração dos parâmetros para não inviabilizar a reutilização da água causando danos ao seu processo.

A seguir serão relatados os métodos analíticos utilizados:

**pH** – método potenciométrico. Foi utilizado o pHmetro de bancada (Friedlab pH);

**Cor aparente** – método colorimétrico visual;

**Turbidez** – método nefelométrico;

**Alcalinidade** – titulometria com  $H_2SO_4$  (ácido sulfúrico);

**Dureza** – titulometria com EDTA, utilizando  $NH_4OH$  (hidróxido de amônio) e indicador Eritrocomo-T;

**Ferro Total** – método colorimétrico visual. Reagente KCNS (cianeto de potássio), após oxidação com  $KMnO_4$  (permanganato de potássio) em meio ácido.

### **Terceira etapa: Teste de bancada.**

Após a coleta do efluente do empreendimento, foram feitos testes de bancadas tipo *jar test*, para determinar o tipo de floculante que será utilizado, tempo de dosagem, floculação e decantação, e tipo de meio filtrante a ser utilizado.

A escolha do tipo de floculante depende da característica do efluente e do custo de aquisição do mesmo. Foram utilizados barrilha, sulfato de alumínio líquido e poli clorido de alumínio (PAC 18), como floculante que são facilmente encontrados no mercado regional, já que se pretende padronizar e difundir o sistema de tratamento para todos os lava-jatos do município.

Com a escolha do floculante, foi determinado o tempo de agitação e o tempo de decantação a ser adotado para o sistema. O tempo de agitação é determinante para a superfície de contato do floculante com todo o volume de efluente e o tempo de decantação é importante para aglomeração dos flocos e ação da gravidade nos mesmos.

Foram atribuídos valores fixos para os tempos, por exemplo:

Tempo de agitação:

Para mistura rápida foram adotados os valores de 10, 20, 30, 45 e 60 segundos.

Tempo de decantação:

Foram adotados os valores de 1, 3, 5, 10 e 15 minutos.

Para o meio filtrante também foram utilizadas membranas facilmente encontradas na região como areia e seixo. Após a decantação, o efluente foi submetido ao contato com esses meios filtrantes para posterior determinação dos parâmetros relacionados à cor e turbidez, que são fatores de importância estética para reutilização na lavagem.

A turbidez e a cor aparente foram analisadas após cada ensaio discutido nesta sessão, ou seja, após cada tipo de floculante, tempo de agitação e decantação, foram analisados esses parâmetros.

#### **Quarta etapa: Discussão de resultados.**

Todos os resultados obtidos foram analisados e discutidos para a escolha do material que seria utilizado no estudo. O tempo foi um fator fundamental para o tamanho do sistema de tratamento que foi adotado.

#### **Quinta etapa: Dimensionamento do sistema de tratamento proposto.**

Com a escolha do floculante a ser utilizado, tempo de agitação e decantação, e meio filtrante, foi dimensionado um sistema de tratamento com baixo custo de implantação e operacional.

O sistema foi dimensionado segundo as normas vigentes (Associação Brasileira de Normas Técnicas - ABNT) e orçadas em materiais diferentes como alvenaria e fibra de vidro, a fim de baratear o custo de implantação.

Após o dimensionamento, não foi possível julgar quantas vezes a água poderá ser reutilizada, já que não foi construído um sistema em escala piloto.

#### **Sexta etapa: Viabilidade econômica de implantação e operação do sistema de tratamento proposto.**

Foram levantados orçamentos de implantação dos vários tipos de materiais com os quais o sistema de tratamento poderia ser construído, permanecendo suas características técnicas inalteradas.

A operação do sistema de tratamento, levando em consideração seu dimensionamento exige que o mesmo seja de baixo custo de operação e implantação, sem ter a necessidade de ser operado humanamente, com uma utilização constante e simples.

### 1.5. A REUTILIZAÇÃO DA ÁGUA

A crescente demanda por água tratada pela sociedade moderna tem feito do reuso planejado de água um tema atual e de grande importância, principalmente na nova política nacional de recursos hídricos.

Ao longo dos últimos 50 anos, com o crescimento acelerado das populações e do desenvolvimento industrial e tecnológico, as poucas fontes disponíveis de água doce do planeta estão comprometidas ou correndo risco (MACHADO, 2007).

Mundialmente, segundo hidrólogos e demógrafos, o consumo humano de água doce duplica a cada 25 anos. Embora o colapso do abastecimento seja uma realidade em muitos lugares, sobretudo em bairros da periferia de centros urbanos densamente povoados, ainda assim vive-se a ilusão de que a água é um recurso infinito (MACHADO, 2007).

Contudo, as implicações práticas da realidade que acaba de ser descrita, de forma bem resumida, têm sido determinantes para despertar, no cenário internacional, a defesa do reuso de água doce.

Deve-se considerar a reutilização da água como parte de uma atividade mais abrangente de gestão integrada que é o uso racional ou eficiente da água, o qual compreende também o controle de perdas e desperdícios, e a minimização da produção de efluentes e do consumo de água.

Dentro dessa ótica, os esgotos tratados têm um papel fundamental no planejamento e na gestão sustentável dos recursos hídricos como um substituto para o uso de águas destinadas a fins agrícolas e de irrigação, entre outros. Ao liberar as fontes de água de boa qualidade para abastecimento público e outros usos prioritários, como os requeridos pelas diversas indústrias, sem dúvida, o uso de esgotos contribui para a conservação dos recursos e acrescenta uma dimensão econômica ao planejamento dos recursos hídricos.

A escassez de água como matéria-prima em processos produtivos e as crescentes exigências em relação à quantidade e qualidade dos efluentes, visando preservar o meio ambiente, vem aumentando significativamente os custos, tanto no seu suprimento como no seu descarte.

A tecnologia da reutilização acoplada com a regeneração da água surge como um esforço de engenharia ambiental, buscando uma solução para a utilização mínima de água em um processo produtivo e a máxima proteção ambiental como o



menor custo possível. Somando-se a este cenário, com o início da cobrança pela captação e liberação de efluentes nas bacias hidrográficas a partir deste ano, estão sendo introduzidas novas prioridades nos planejamentos estratégicos de grandes indústrias (MACHADO, 2007).

Por exemplo, em várias refinarias e petroquímicas a ordem é investir para reduzir o consumo de água, melhorar o tratamento e até transformar o efluente em água de reuso. Projetos estão sendo desenvolvidos para implantar estações de tratamento para conversão de efluentes em águas de reuso e esgoto municipal em água industrial. Será que atingiremos o nível de algumas indústrias estadunidenses e européias que já trabalham com emissão praticamente zero de efluentes?

Além de ser uma medida eficaz para resolver a questão do abastecimento, a reutilização proporciona um ganho econômico, com a redução na captação, na quantidade de químicos para seu tratamento e no lançamento de efluentes.

Além disso, com a indústria administrando melhor seus recursos hídricos, sobra mais água para abastecer a população. Vale lembrar que, por economia de escala e dificuldade de abastecimento, o fornecimento à indústria é menos lucrativo para os fornecedores de água.

Por exemplo, a SABESP (Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo) desenvolveu o projeto de venda de água de reutilização mais barata para a indústria tornando disponível água de boa qualidade para o consumo doméstico (MACHADO, 2007).

É necessário também que as prefeituras controlem as perdas de água e pratiquem a reutilização de efluentes tratados, contribuindo para reduzir os próprios custos e a demanda de água utilizada nos serviços urbanos. É, no mínimo, um desperdício usar água potável, com cloro e flúor, para irrigar parques, jardins e lavar ruas e calçadas.

A presença de organismos patogênicos e de compostos orgânicos sintéticos na grande maioria dos efluentes para reutilização, principalmente naqueles oriundos de ETE`s (Estações de Tratamento de Esgoto) e grandes conturbações com pólos industriais expressivos, classifica a reutilização potável como uma alternativa associada a riscos muito elevados, tornando-o praticamente inaceitável. Além disso, os custos dos sistemas de tratamento avançados que seriam necessários, levariam

à inviabilidade econômica do abastecimento público, não havendo, ainda, garantia de proteção adequada da saúde pública dos consumidores.

Face às grandes vazões envolvidas (chegando até 80% do uso da água, em algumas regiões e países), especial atenção deve ser dada a reutilização para fins agrícolas (MACHADO, 2007).

Atualmente, a agricultura depende de suprimento de água a um nível tal que a sustentabilidade da produção de alimentos não poderá ser mantida, sem o desenvolvimento de novas fontes de suprimento e a gestão adequada dos recursos hídricos convencionais. Esta condição crítica é fundamentada no fato de que o aumento da produção, não pode mais ser efetuado através da mera expansão de terra cultivada. Com poucas exceções, tais como áreas significativas do Nordeste brasileiro que estão sendo recuperadas para uso agrícola, a terra arável, em nível mundial, se aproximam muito rapidamente de seus limites de expansão (MACHADO, 2007).

A taxa global de expansão de terra arável diminuiu de 0,4% durante a década 1970-1979 para 0,2%, durante o período 1980-1987 (MACHADO, 2007).

Nos países em desenvolvimento e em estágios de industrialização acelerada, a taxa de crescimento também caiu de 0,7% para 0,4% (MACHADO, 2007).

Durante as duas últimas décadas, o uso de esgotos tratados para irrigação de culturas aumentou significativamente devido aos seguintes fatores: a) dificuldade crescente de identificar fontes alternativas de águas para irrigação; b) custo elevado de fertilizantes; c) a segurança de que os riscos de saúde pública e os impactos sobre o solo são mínimos, se adequadas precauções forem efetivamente tomadas; d) os custos elevados dos sistemas de tratamento, necessários para descarga de efluentes em corpos receptores; e) a aceitação sociocultural da prática do reuso agrícola, e, finalmente, f) reconhecimento pelos órgãos gestores de recursos hídricos do valor intrínseco da prática de reuso (MACHADO, 2007).

Em relação aos setores públicos estaduais, municipais e federais, a prática da reutilização de água associada ao setor público ainda é extremamente incipiente, embora ocorram manifestações de reutilização agrícola não planejado ou inconsciente em diversas regiões brasileiras, inclusive em algumas regiões metropolitanas.

Uma série de projetos foi implantada em alguns Estados do Nordeste como, por exemplo, Rio Grande do Norte, Paraíba e Pernambuco visando à irrigação do capim elefante com efluentes domésticos, sem nenhum tratamento e sem nenhuma forma de proteção à saúde pública dos grupos envolvidos (MACHADO, 2007).

Ao mesmo tempo, os projetos existentes: a) são desvinculados de programas de controle de poluição e de usos integrados de recursos hídricos nas bacias hidrográficas onde estão sendo implementados; b) não empregam tecnologia adequada para os tipos específicos de reutilização implementados; c) não incluem as salvaguardas necessárias para preservação ambiental e proteção da saúde pública dos grupos envolvidos; d) não são formulados com base em análises e avaliações econômico-financeiras, e, e) não possuem estruturas adequadas de recuperação de custos (MACHADO, 2007).

Uma política nacional de reutilização de águas tratadas contribuiria, sem dúvida, para evitar a contaminação das águas superficiais, reduzir a poluição, a contaminação ambiental e as doenças por veiculação hídrica (que corresponde a 65% das internações hospitalares no Brasil), e contribuir para a melhoria da qualidade de vida da população rural e urbana brasileira (MACHADO, 2007).

A reutilização e conservação da água doce hoje caracteriza palavras-chave da gestão dos recursos hídricos no Brasil, país onde 86% da população vivem em aglomerações urbanas. Contudo, a prática de reutilização de água espera ser institucionalizada e integrada aos planos de proteção e desenvolvimento de bacias hidrográficas. Nenhuma forma de ordenamento institucional-legal, ou mesmo, regulatório, orienta as atividades de reutilização praticadas no território nacional (MACHADO, 2007).

## 2. CARACTERIZAÇÃO DO EMPREENDIMENTO

Neste item, descreve-se o empreendimento alvo do estudo, com a qualidade da água e sistemas de tratamento adotados para o seu funcionamento.

### 2.1. TIPO DE EMPREENDIMENTO

O empreendimento selecionado para este estudo é um posto revendedor retalhista de combustível da empresa UBN S/A.

O empreendimento possui além da revenda de combustível, o serviço de lavagem de veículos, loja de conveniência e lanchonete.

O equipamento utilizado para lavagem mecanizada é da marca Winner. Com a autonomia de lavar um veículo a cada 7 minutos. Utilizando 0,333 m<sup>3</sup> de água por veículo. O sistema de lavagem é composto de enxágüe com sabão, passagem de rolo esfregão, enxágüe com água e secagem (Figura 03).



FIGURA 03 – Sistema de lavagem de veículos utilizado.

### 2.2. FONTE DE FORNECIMENTO DE ÁGUA

O empreendimento é abastecido pelo sistema público de água distribuído pela COSANPA (Companhia de Saneamento do Pará), porém está em fase de regularização com a construção de um poço próprio para o sistema de lavagem, tendo em vista que em 17 de janeiro de 1994, foi criada uma Lei de número 7.690 que estabelece o seguinte:

**“LEI Nº 7.690 de 17/01/1994;**

*Determina a obrigatoriedade dos postos e empresas de lavagem de carro a utilizarem em seus serviços água de poço.*

*Art. 1º - As empresas de lavagem de veículos automotores, tipo "lava-jato" e postos de gasolina que exerçam esta atividade comercialmente, ficam proibidas de usar, para este fim, a água tratada do sistema de abastecimento público.”*

O empreendimento não possui reservatório para abastecimento. O sistema de lavagem está ligado direto a rede de abastecimento da COSANPA.

### 2.3. QUALIDADE DA ÁGUA DE ABASTECIMENTO

Como mencionado anteriormente, após as coletas em novembro de 2007, as amostras foram levadas para o laboratório da COSANPA para análise.

A Tabela 01 apresenta os parâmetros e concentrações encontradas em cada dia de coleta.

TABELA 01 – Parâmetros e concentrações analisadas para água da COSANPA.

PARÂMETROS	26/11/07	27/11/07	28/11/07	29/11/07	30/11/07	MÉDIA
pH	4,60	4,92	5,02	4,55	4,73	<b>4,76</b>
COR APARENTE (UC)	5,0	7,5	5,0	7,5	5,0	<b>6,00</b>
TURBIDEZ (UNT)	1,30	1,23	0,94	1,16	1,23	<b>1,17</b>
DUREZA (mg/l CaCo <sub>3</sub> )	30	27	33	32	37	<b>31,80</b>
ALCALINIDADE (mg/l CaCo <sub>3</sub> )	10	12	17	12	15	<b>13,20</b>
FERRO TOTAL (mg/l Fe <sup>+2</sup> )	0,1	0,1	0,0	0,1	0,1	<b>0,08</b>

#### 2.3.1. Interpretação dos dados obtidos

##### **Potencial hidrogeniônico - pH**

É a medida da concentração de íons H<sup>+</sup> na água. O balanço dos íons hidrogênio (H<sup>+</sup>) e hidróxido (OH<sup>-</sup>) determinam quanto ácida ou básica ela é. As

águas quimicamente puras teriam os íons H<sup>+</sup> em equilíbrio com os íons OH<sup>-</sup>, tornando seu pH neutro, ou seja, igual a sete. Os principais fatores que determinam o pH da água são o gás carbônico dissolvido e a alcalinidade.

A Portaria N<sup>o</sup> 518/2005, do Ministério da Saúde, estabelece a faixa de potabilidade entre 6,0 e 9,5, enquanto a Organização Mundial de Saúde (OMS) estabelece a faixa de 6,5 – 8,5 como a da potabilidade.

Houve uma variação de 4,55 a 5,02 no pH, com um valor médio de 4,76 (Figura 04). Apesar desses valores se encontrarem abaixo daqueles recomendados pela legislação vigente, eles refletem a acidez regional característica das águas amazônicas (MATTA, 2002).

Essa faixa de pH, não comprometerá o desenvolvimento do estudo, ainda mais que após a utilização pela atividade ela se tornará mais básica, como será visto no próximo capítulo.

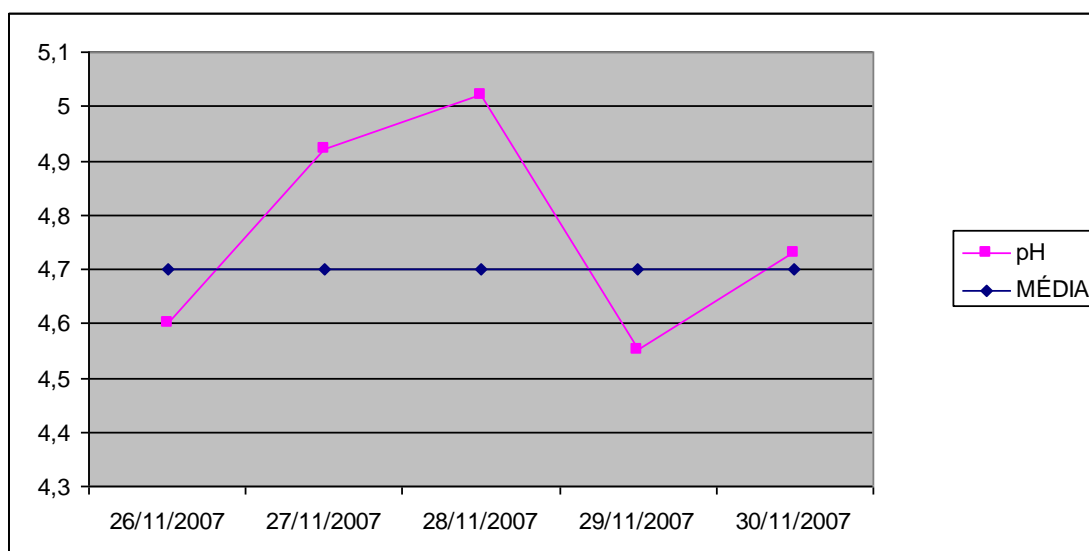


FIGURA 04 – Variação de pH nas águas de abastecimento do empreendimento.

### **Cor aparente**

Apesar desta água não ser usada para consumo humano, a sua média de 6,0 UC (Figura 05) está de acordo com os padrões da Portaria 518 do Ministério da Saúde (15 UC), mas este parâmetro não causaria transtornos ao consumidor, visto que este parâmetro representa mais características estéticas.

Para esta atividade, este parâmetro está com uma média de 6,0, o que é razoável, lembrando que quanto mais transparência, melhor impressão o cliente terá ao lavar seu automóvel no lava jato.

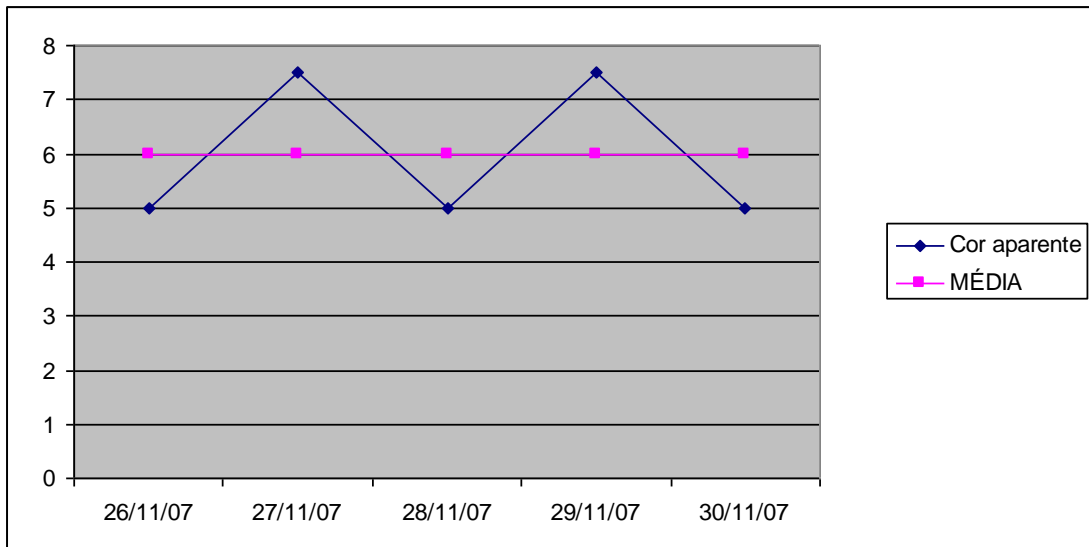


FIGURA 05 – Variação da cor aparente nas águas de abastecimento do empreendimento. (no eixo das coordenadas a unidade se encontra em UC – Unidade de Cor)

### **Turbidez**

O limite máximo de turbidez em água potável permitido pela OMS e pela Portaria N<sup>o</sup> 1469/2000, do Ministério da Saúde, é de 5 UNT.

Quase todas as amostras apresentaram valores de turbidez bem abaixo (0,94 a 1,30 UNT) do limite estabelecido pela OMS e Ministério da Saúde (Figura 06).

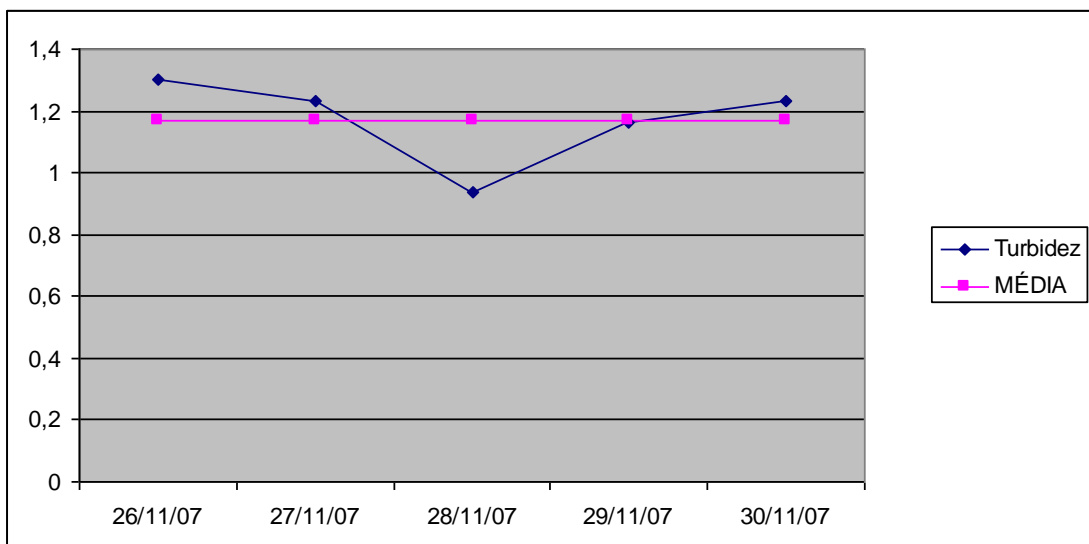


FIGURA 06 – Variação de turbidez nas águas de abastecimento do empreendimento. (no eixo das coordenadas a unidade se encontra em UNT – Unidade Nefelometrica de Turbidez)

### **Dureza**

É um parâmetro normalmente definido pela capacidade da água neutralizar o sabão pela ação de alguns cátions, principalmente o cálcio e o magnésio. Ela é percebida visualmente pela extinção da espuma formada pelo sabão. Isso dificulta o banho e a lavagem de utensílios domésticos e roupas, que é considerado primordial para esta atividade.

Os valores de dureza obtidos na campanha de coleta d'água mostraram comportamentos semelhantes entre 27 e 37 mg/L CaCO<sub>3</sub> (Figura 07). E com os valores obtidos foram muito baixos, seria necessário fazer correção com bases para melhor absorção do floculante, mas o comportamento da dureza vai mudar no efluente, como será visto a seguir.

O valor máximo recomendado pela Portaria N<sup>o</sup> 518/05, do Ministério da Saúde, para a dureza em águas potáveis é de 500 mg/L CaCO<sub>3</sub>. Todas as amostras analisadas mostraram valores bem abaixo desse limite de potabilidade.

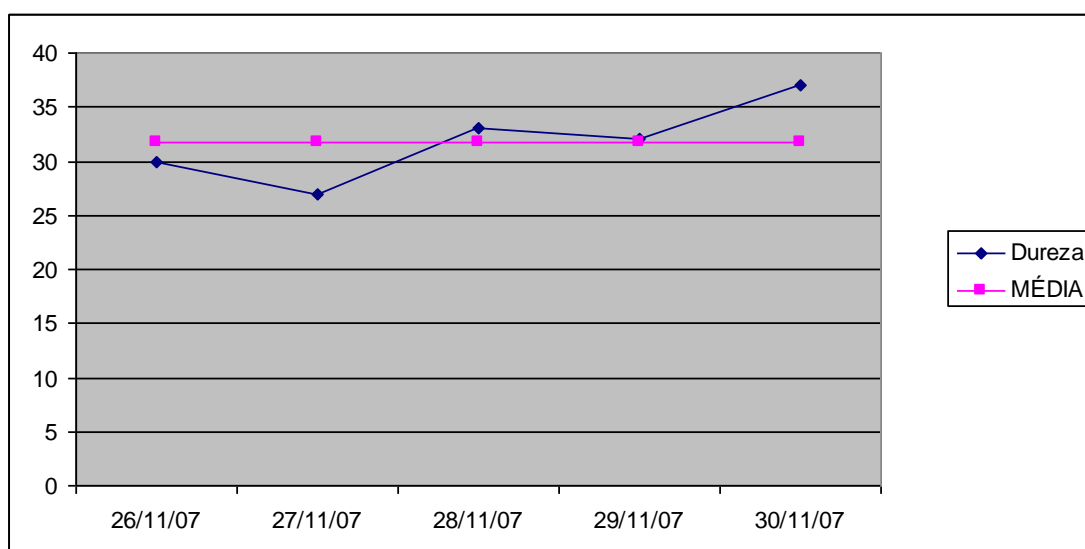


FIGURA 07 – Variação de dureza nas águas de abastecimento do empreendimento.  
(no eixo das coordenadas a unidade se encontra em mg/L CaCO<sub>3</sub>)

### **Alcalinidade**

Esse parâmetro se relaciona à presença de bicarbonatos. Além do efeito nocivo sobre as superfícies onde esteja ocorrendo troca de calor, libera o gás carbônico CO<sub>2</sub>, o qual, dissolvido na água, tem ação corrosiva sobre superfícies metálicas dos tubos e trocadores de calor.



Esse parâmetro é fundamental para o tratamento. Dá a capacidade de aglomeração dos flocos para posterior ação da gravidade e remoção dos mesmos. Com os valores obtidos entre 10 e 17 mg/L, seria necessário fazer correção com bases, porém a própria utilização dessa água na atividade do empreendimento, causa um aumento desse parâmetro, como será visto. (Figura 08)

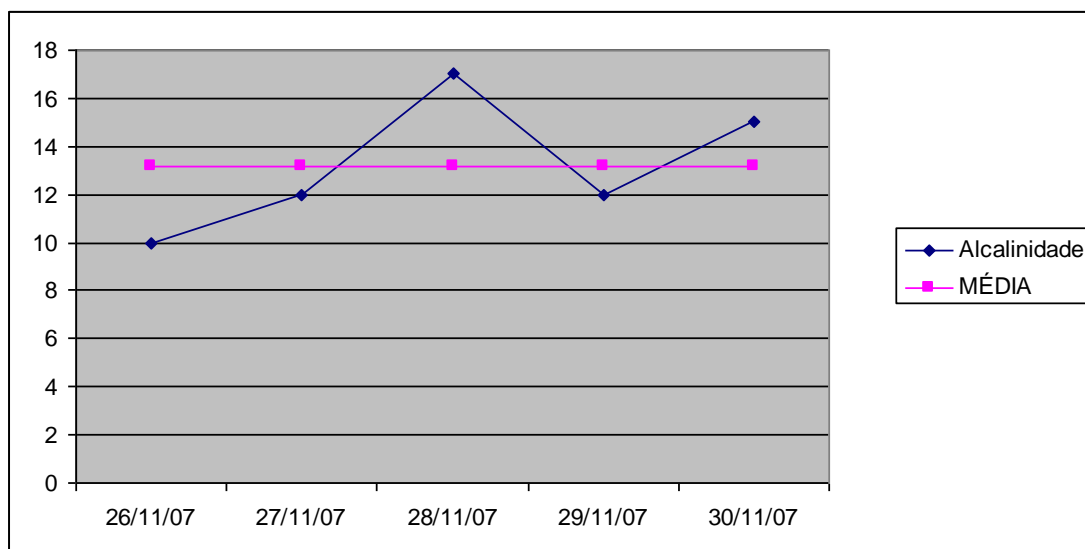


FIGURA 08 – Variação de alcalinidade nas águas de abastecimento do empreendimento. (no eixo das coordenadas a unidade se encontra em mg/L CaCO<sub>3</sub>)

### **Ferro total**

É um elemento quase sempre presente na maioria das águas da região de Belém, sejam superficiais ou subterrâneas, sendo que são em maiores teores nas águas subterrâneas, provenientes do sistema hidrogeológico Barreiras. (MATTA, 2002)

O alto teor de ferro nas águas de abastecimento público pode causar corrosão de tubulações e do revestimento e filtro dos poços, afeta a saúde humana e oferece restrições para a utilização das águas na maioria das indústrias.

O valor limite da quantidade de ferro solúvel, segundo a Portaria 518, do Ministério da Saúde, é de 0,3 mg/L, para águas de consumo humano. Os valores obtidos para as amostras variaram entre 0,00 e 0,10 mg/L, com um valor médio de 0,08 mg/L (Figura 09). Nenhuma amostra apresentou valores superiores ao limite estabelecido pela legislação vigente e na amostra referente ao dia 28/11/2007, não foi detectado concentração de ferro na água.

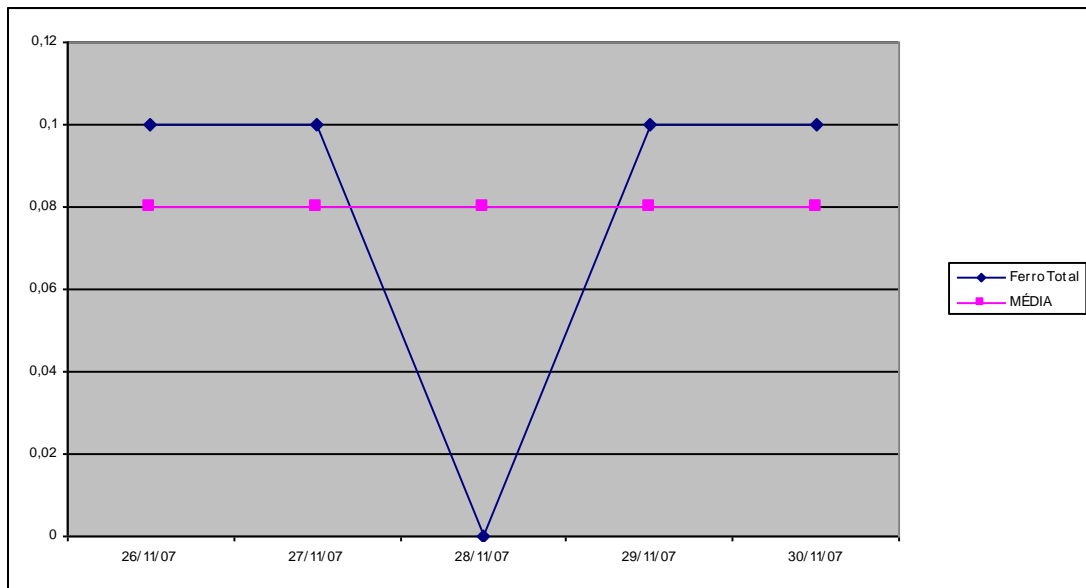


FIGURA 09 – Variação de ferro total nas águas de abastecimento do empreendimento. (no eixo das coordenadas a unidade se encontra em mg/L)

#### 2.4. VAZÃO MÉDIA

O empreendimento tem uma média mensal de utilização de 300 m<sup>3</sup> por mês, ou 10 m<sup>3</sup>/dia, (fonte: fatura da COSANPA dos últimos 6 meses). Sendo que o fluxo de carros chega a ser em torno de 30 veículos por dia, a vazão média de lavagem de veículos é de 0,333 m<sup>3</sup>/veículo, ou uma vazão constante de 0,198 L/s.

#### 2.5. SISTEMA DE TRATAMENTO UTILIZADO NO EMPREENDIMENTO

O empreendimento não possui sistema de tratamento, nem caixa de areia ou caixa separadora de água e óleo. Todo efluente gerado é lançado *in natura* na rede coletora de águas pluviais do município de Belém.

#### 2.6. AVALIAÇÃO ECONÔMICA DO FUNCIONAMENTO DO EMPREENDIMENTO

O empreendimento é caracterizado como uma empresa de médio porte com um faturamento superior a R\$ 200.000,00 anuais (informações verbais do proprietário). Somente com o lava-jato, o empreendimento tem uma receita de R\$ 18.000,00/mês, e o gasto com a operação do sistema é de R\$ 300,00/mês com o gasto de água limpa, excluindo o gasto de energia elétrica.

Isso significa que o custo com água limpa não interfere na atividade, mas o problema social que isso traz é muito grande. Esta água que podia estar sendo destinada a abastecer residências está sendo usada para lavar carros. E só fala-se de um lava-jato. E os outros 2.499 que existem na cidade (segundo a Secretaria de Economia do Município - SECON), que não tem sistema automatizado e gastam mais água? Esse projeto tem base nesse gasto de água limpa e tratada, com boas condições para uso humano numa atividade que não necessita dessa qualidade de água.

### 3. PROPOSTA DE SISTEMA DE TRATAMENTO E REUTILIZAÇÃO DAS ÁGUAS DE LAVAGEM DE VEÍCULOS

Foi adotado um conceito de sistema comumente utilizado em estações de tratamento de esgoto com boa eficiência de remoção de sólidos e óleos. Esse sistema tem por finalidade ser implantado e operado com baixo custo, sem utilização de energia elétrica para funcionamento, em fibra de vidro e PVC comparadamente com um sistema proposto em alvenaria e PVC.

#### 3.1. CARACTERIZAÇÃO DOS EFLUENTES GERADOS NA LAVAGEM DE VEÍCULOS

Nesta etapa foram realizadas amostragens representativas no empreendimento em questão, visando à caracterização da água de lavagem de veículos, principalmente em termos de vazão, turbidez, cor aparente, alcalinidade, dureza, ferro total e pH. As análises dos efluentes foram realizadas na mesma data e hora que foram coletadas as amostras de água para abastecimento do sistema.

Foi realizada também uma revisão da literatura nacional e internacional sobre o tema, buscando identificar os principais processos utilizados, quantificar a problemática nacional bem como os parâmetros de qualidade da água exigidos, ou necessários, para a atividade de lavagem de veículos. A Tabela 02 apresenta os resultados das análises do efluente do empreendimento.

TABELA 02 – Parâmetros e concentrações analisadas para o efluente.

PARAMETROS	26/11/07	27/11/07	28/11/07	29/11/07	30/11/07	MÉDIA
pH	6,03	6,50	6,33	6,22	5,98	<b>6,21</b>
COR APARENTE (UC)	90,0	75,0	75,0	85,0	85,0	<b>82,0</b>
TURBIDEZ (UNT)	43,12	51,21	47,54	45,52	44,32	<b>46,34</b>
DUREZA (mg/l CaCo <sub>3</sub> )	48	44	53	50	56	<b>50,20</b>
ALCALINIDADE (mg/l CaCo <sub>3</sub> )	27	24	38	32	31	<b>30,40</b>
FERRO TOTAL (mg/l Fe <sup>+2</sup> )	0,5	0,2	0,8	0,6	0,6	<b>0,54</b>

### 3.1.1. Interpretação dos dados analisados

#### Potencial Hidrogenionico - *pH*

O aumento do pH de uma média de 4,76 (água de abastecimento do empreendimento) para 6,21 no efluente (Figura 10), pode ser justificado pela presença de sais e materiais coloidais removidos na lavagem. A grande maioria do material retirado dos carros são areias, e a presença de detergentes e sabão fazem com que o pH aumente, devido aos compostos químicos que são utilizados.

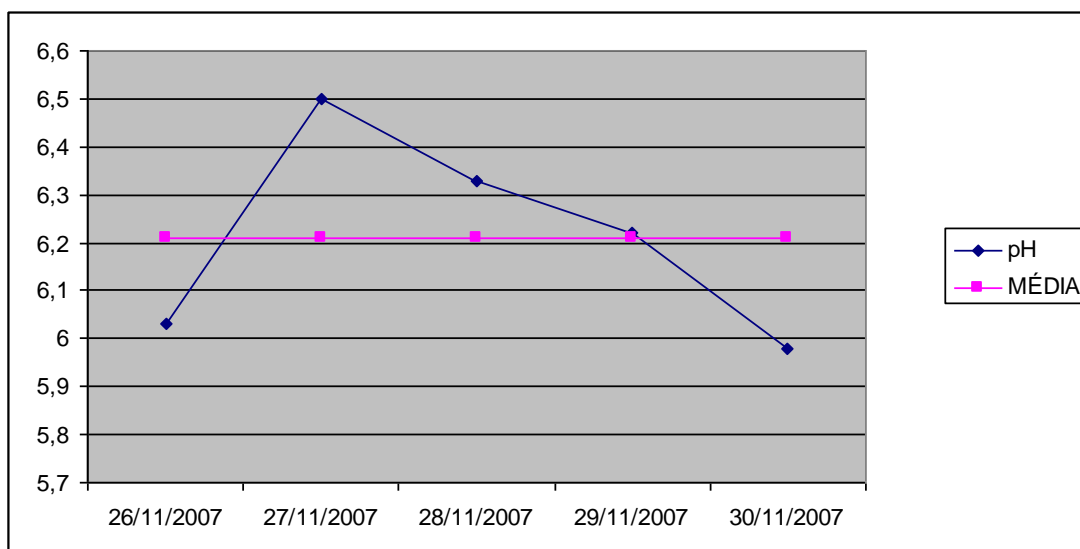


FIGURA 10 – Variação do pH no efluente do empreendimento.

#### **Cor aparente**

O aumento de 6,0 para 82,0 UC desse parâmetro pode estar associado à quantidade de poeira e areia que é retirada na lavagem (Figura 11).

Esse é o principal parâmetro que impede a reutilização da água de lavagem sem tratamento, porém esse parâmetro é estético e com um simples tratamento se consegue removê-lo, por que os sólidos estão apenas suspensos no efluente, não dissolvidos.

Após a utilização da água limpa, a mesma se torna imprópria para consumo seguindo os padrões da portaria 518 do Ministério da Saúde (15 UC).

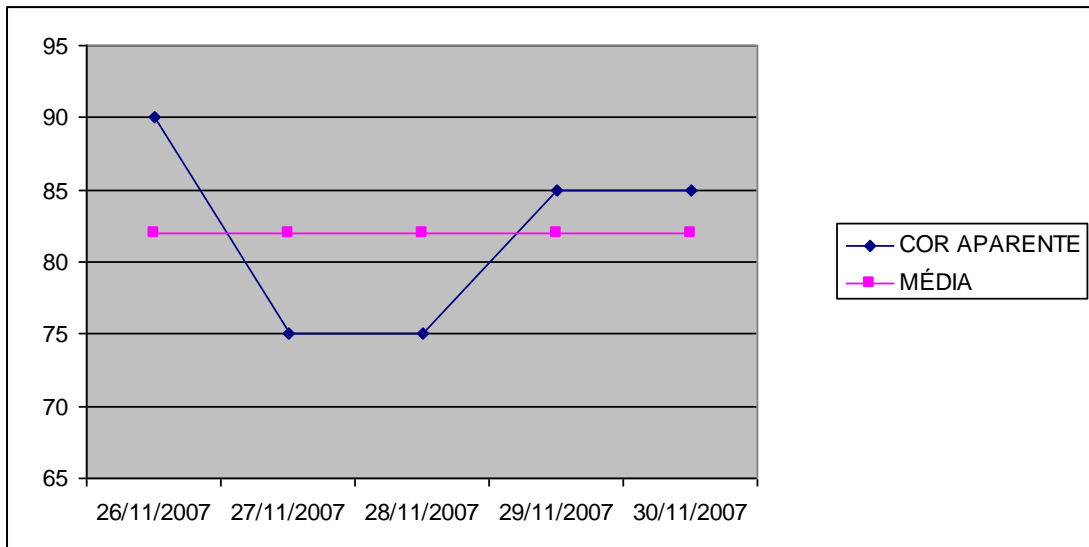


FIGURA 11 – Variação da Cor Aparente no efluente do empreendimento (no eixo das coordenadas a unidade se encontra em UC – Unidade de Cor).

### ***Turbidez***

Este parâmetro também reflete a necessidade deste tratamento para a reutilização. A turbidez aumenta de uma média de 1,17 UNT para 46,34 UNT (Figura 12), que é considerado normal para esta atividade. E como a cor aparente, é de fundamental importância para a reutilização do efluente, por ser um parâmetro estético e também para não danificar a pintura dos carros com os sólidos presentes no efluente.

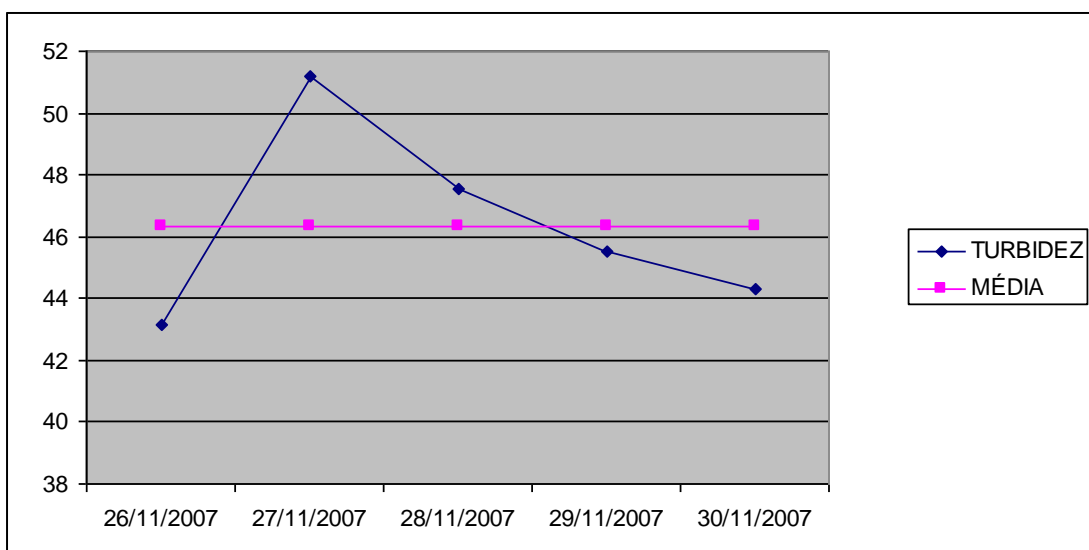


FIGURA 12 – Variação da turbidez no efluente do empreendimento (no eixo das coordenadas a unidade se encontra em UNT – Unidade Nefelometrica de Turbidez).

### **Dureza**

Este parâmetro é uma boa indicação para que, mesmo após a utilização da água limpa, a dureza ainda esteja presente no efluente. Mas o crescimento verificado nesse parâmetro na água depois de utilizada é preocupante, pois se esse parâmetro sempre aumentar com essa taxa de crescimento de uma média de 31,80 para 50,20 mg/L de  $\text{CaCO}_3$  (62% de crescimento), pode limitar a reutilização do efluente, devido a água ficar muito “dura” e provocar muita espuma. Provavelmente este parâmetro aumenta devido aos teores de cálcio e magnésio presente nos sólidos suspensos no efluente, que se dissolvem no mesmo (Figura 13).

Para consumo humano a concentração aceitável para a Portaria 518 é de 500 mg/L, ou seja, até para consumo humano este parâmetro ainda pode ter um crescimento de 1000%.

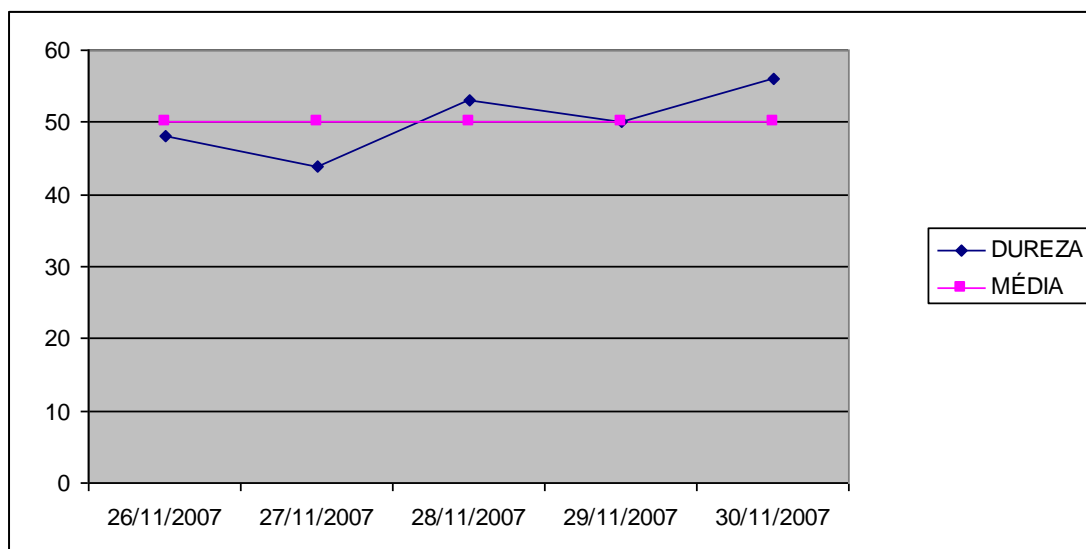


FIGURA 13 – Variação de dureza no efluente do empreendimento (no eixo das coordenadas a unidade se encontra em mg/L  $\text{CaCO}_3$ ).

### **Alcalinidade**

A alcalinidade foi um parâmetro preocupante com a água limpa, pois com alcalinidade muito baixa, seria preciso fazer uma correção no efluente adicionando bases para torná-lo mais incrustante e, observou-se que, após a utilização da água limpa este crescimento de 13,20 de média para 30,40 mg/l de  $\text{CaCO}_3$  do parâmetro o torna ideal para aplicação do floculante (Figura 14). Porém também existe uma preocupação com este crescimento que pode limitar a reutilização várias vezes

deste efluente, e como este estudo é somente em nível de bancada, não se pode comprová-lo no futuro.

A Portaria 518 do Ministério da Saúde não faz menção quanto ao limite deste parâmetro, mas em excesso pode entupir tubulações e formar flocos nos mesmos.

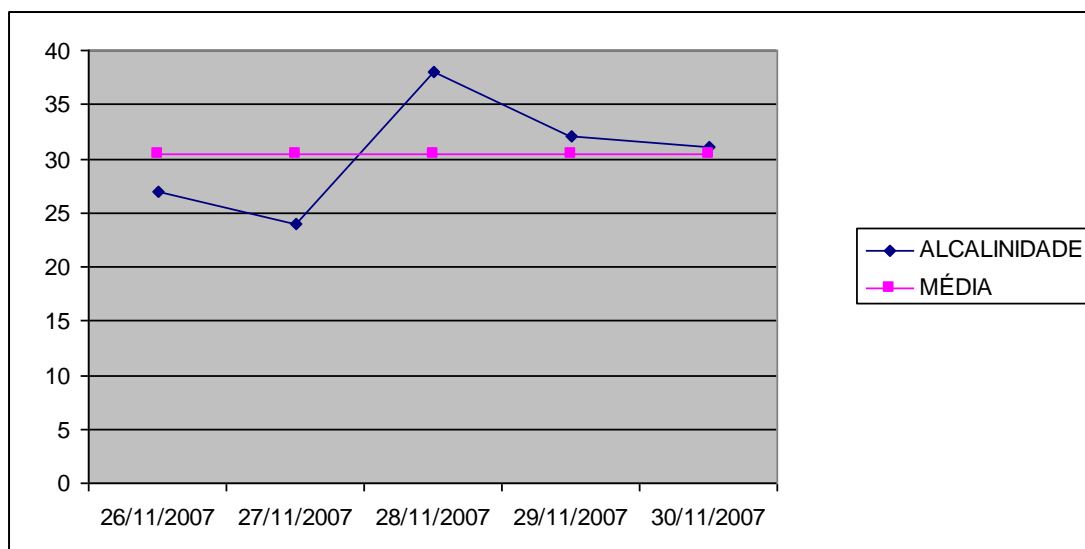


FIGURA 14 – Variação da Alcalinidade no efluente do empreendimento.

### **Ferro Total**

Devido o solo da região de Belém ser predominante o latossolo amarelo, suas características ferruginosas são trazidas pelos seus sedimentos para o efluente e isso fez com que este parâmetro aumentasse de uma média de 0,08 para 0,54 mg/L  $Fe^{2+}$  (Figura 15). Mas este parâmetro é puramente estético, principalmente por este efluente não ser consumido e ainda não haver estudos publicados que comprovem que o ferro é nocivo ao homem.

Esse crescimento do ferro é mais preocupante que o da dureza e da alcalinidade, devido a cor amarela-avermelhada do ferro presente no efluente ser de fundamental importância para reutilização na lavagem de veículos, até pela preocupação de que pode ocorrer ou acelerar a oxidação do veículo, mesmo não se tendo comprovação que isso possa acontecer.



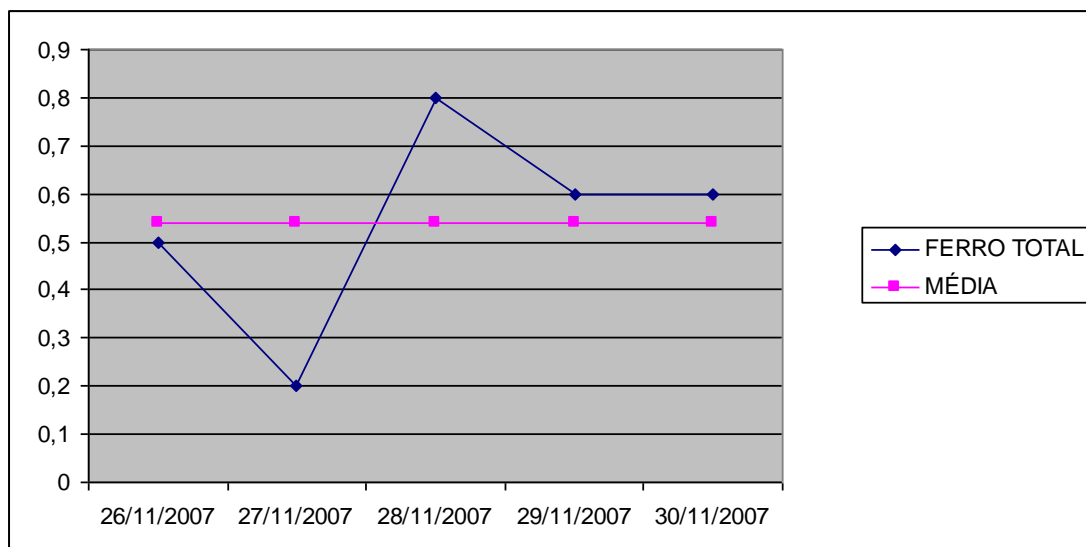


FIGURA 15 – Variação de Ferro Total no efluente do empreendimento (no eixo das coordenadas a unidade se encontra em mg/L Fe<sup>2+</sup>).

### 3.2. ESTUDOS DE FLOCULAÇÃO, DECANTAÇÃO E FILTRAÇÃO EM ESCALA DE BANCADA

Esta etapa teve por objetivo aplicar e adequar a técnica de floculação/flotação para a remoção dos contaminantes, principalmente óleo e sólidos particulados, do efluente. Foram realizados ensaios utilizando um sistema de *Jar Test* (Figura 16), para avaliar o tipo, concentração e combinação de floculantes, bem como o tempo de condicionamento dos floculantes, o tempo de floculação-flotação e a velocidade de agitação do sistema, para o efluente coletado.

O *Jar test* (figura 16) é um experimento usado em laboratório para fazer simulações que possam ocorrer na água no momento do tratamento. Está acoplada a bancada dos jarros, um rotor com uma pá que faz com que a água gire como se estivesse em um floculador ou em um misturador lento ou rápido. O *jar test* varia de 20 a 1000 rpm.

As simulações foram feitas medindo os tempos de agitação, decantação, floculação e o tempo de reação dos produtos químicos.

O efluente foi disposto nos jarros e após as simulações, foram retiradas amostras do *overflow* (líquido sobrenadante) dos jarros, que foram submetidas às análises de cor aparente e turbidez.



FIGURA 16 – Jar test utilizado para estudo pertencente ao laboratório da COSANPA.

A eficiência do processo foi medida pela remoção dos contaminantes na forma de baixa turbidez e cor aparente. Nesta etapa foram estabelecidas as melhores condições operacionais para o estudo em nível de bancada que serão discutidos no item seguinte.

### **3.2.1. Procedimento Experimental**

Todas as análises e projetos que foram desenvolvidas neste estudo, são em nível de bancada, devido não ser construído um sistema em escala piloto e não ser possível comprovar a real eficiência e funcionamento do sistema.

#### **3.2.1.1. Estudos de Bancada (*Jar Test*)**

O objetivo dos estudos de bancada, que visaram à escolha do floculante mais adequado ao efluente, é avaliar o tipo, concentração e combinação de floculantes, bem como o tempo de condicionamento dos floculantes, o tempo de floculação-flotação e a velocidade de agitação do sistema.

E conseqüentemente estipular todos os tempos de agitação e decantação do sistema, assim como o tipo de filtro que seria adotado.

No primeiro momento, foram feitos testes com os tipos de floculantes escolhidos para o projeto. Para tal escolha, os floculantes foram submetidos ao mesmo tratamento, sendo adicionados em mesma concentração com o tempo de agitação e decantação igual. Após o tratamento, uma amostra foi retirada e analisada a cor aparente e a turbidez para cada floculante.

Foram utilizados como floculantes sulfato de alumínio líquido, barrilha e Poli Aluminiun Cloridro (PAC 18). E como tempo base para comparação foi estipulado 1 (um) minuto para agitação rápida e 5 (cinco) minutos de decantação. E a concentração para os floculantes foi de 20 ppm para o sulfato de alumínio e a barrilha, para o PAC 18 foi utilizado 1/3 desta concentração devido às recomendações do fabricante. A Tabela 03 mostra os ensaios com os floculantes.

Através deste estudo de *jar test*, observou-se que o sulfato de alumínio líquido teve o melhor comportamento com esta concentração e tempos de agitação e decantação. O PAC 18 teve um comportamento similar mas não é tão facilmente encontrado no mercado. E a questão de aquisição dos produtos serão discutidas em outro item a seguir.

Depois da escolha do floculante, o próximo passo foi a escolha da concentração ideal para o floculante, e para isso também foram estipulados tempos ideais de agitação e decantação, que foram 1 (um) minuto e 5 (cinco) minutos, respectivamente. E para cada amostra foram analisados de novo os parâmetros cor aparente e turbidez como medida de controle.

TABELA 03 – Comparação entre floculantes.

<b>FLOCULANTE</b>	<b>Concentração Tempo agitação Decantação</b>	<b>Cor Aparente (UC)<sup>1</sup></b>	<b>Turbidez (UNT)<sup>2</sup></b>
<b>Sulfato de alumínio líquido</b>	<b>20 ppm 1 minuto 5 minutos</b>	<b>65</b>	<b>21,15</b>
Barrilha	20 ppm 1 minuto 5 minutos	80	33,52
PAC 18	6,5 ppm 1 minuto 5 minutos	65	22,01

<sup>1</sup> – Unidade de Cor;

<sup>2</sup> – Unidade Nefelométrica de Turbidez.

A dosagem de 40 ppm de sulfato de alumínio líquido foi a que teve o melhor comportamento (Tabela 04). Em seguida foram estipulados vários tempos de agitação rápida para que o efluente tenha um bom tempo de contato com o floculante.

TABELA 04 – Comparação entre a concentração dos floculantes.

PARAMETROS ANALISADOS	CONCENTRAÇÃO (PPM)				
	20	30	40	50	60
Turbidez <sup>1</sup>	22,57	18,09	<b>11,43</b>	11,52	20,00
Cor Aparente <sup>2</sup>	65	50	<b>45</b>	45	55

<sup>1</sup> – Unidade Nefelométrica de Turbidez;

<sup>2</sup> – Unidade de Cor.

Foi utilizada a concentração de 40 ppm de sulfato de alumínio e 5 (cinco) minutos para decantação. A Tabela 05 mostra a comparação entre os tempos utilizados.

TABELA 05 – Comparação entre os tempos de agitação rápida.

PARAMETROS ANALISADOS	TEMPO DE AGITAÇÃO RÁPIDA (SEGUNDOS)				
	10	20	30	45	60
Turbidez <sup>1</sup>	32,12	24,43	19,30	<b>11,39</b>	11,20
Cor Aparente <sup>2</sup>	55	50	50	<b>45</b>	45

<sup>1</sup> – Unidade Nefelométrica de Turbidez;

<sup>2</sup> – Unidade de Cor.

Adotou-se o tempo de 45 segundos para o projeto devido à esse tempo significar um menor percurso para o sistema de tratamento e ter praticamente o mesmo comportamento de 60 segundos.

O tempo de decantação foi estipulado da mesma forma do de agitação rápida, sendo que agora temos o floculante ideal sulfato de alumínio, a concentração correta de 40 ppm, o tempo de agitação ideal de 45 segundos e somente faltando o tempo ideal de decantação (conforme Tabela 06).

TABELA 06 – Comparação entre os tempos de decantação.

PARAMETROS ANALISADOS	TEMPO DE DECANTAÇÃO (MINUTOS)				
	1	3	5	10	15
Turbidez <sup>1</sup>	33,44	17,23	<b>11,33</b>	09,39	18,00
Cor Aparente <sup>2</sup>	55	50	<b>45</b>	45	50

<sup>1</sup> – Unidade Nefelométrica de Turbidez;

<sup>2</sup> – Unidade de Cor.

O tempo que obteve o melhor comportamento foi o de 10 minutos, porém foi adotado para o tratamento o tempo de 5 minutos devido diminuir o tamanho desta etapa de decantação e baratear a construção do sistema de tratamento.

Finalmente, para concluir esta etapa de estudo de bancada, necessita-se escolher o meio filtrante para encerrar o tratamento.

Para baratear o custo de implantação e limpeza do sistema de tratamento, foram feitos experimentos com areia tipo I e seixo tipo I (Tabela 07). Foram escolhidos esses dois meios filtrantes devido ao fim que será utilizado para atividade. Não convém usar celulose ou carvão ativado para o tratamento visto que esta água não será utilizada para consumo humano e ainda haver várias outras impurezas como bactérias e algumas substâncias que podem ser nocivas ao homem e ainda elevar o custo de implantação do sistema.

Os meio filtrantes foram utilizados na amostra de 40 ppm de sulfato de alumínio líquido, com tempo de agitação de 45 segundos e tempo de decantação de 5 minutos. Visualmente, percebe-se a diferença do efluente antes e depois da filtragem (Figura 17).

TABELA 07 – Comparação entre meios filtrantes

PARAMETROS ANALISADOS	MEIO FILTRANTE	
	Areia tipo 1	Seixo tipo 1
Turbidez <sup>1</sup>	<b>0,55</b>	2,18
Cor Aparente <sup>2</sup>	<b>5,00</b>	7,50

<sup>1</sup> – Unidade Nefelométrica de Turbidez;

<sup>2</sup> – Unidade de Cor.



FIGURA 17 – Foto comparativa entre o efluente antes da filtragem (esquerda) e após filtragem com areia (direita).

Dessa forma, concluiu-se o estudo de bancada, adotando-se o floculante sulfato de alumínio líquido com dosagem de 40 ppm, com tempo de agitação de 45 segundos e tempo de decantação de 5 minutos, com meio filtrante de areia tipo I, com espessura de 35 centímetros.

### 3.3. DIMENSIONAMENTO DO SISTEMA DE TRATAMENTO A SER ADOTADO

Como foi visto anteriormente o empreendimento utiliza água da concessionária para o sistema de lavagem, e como a taxa de cobrança que está sendo aplicada é de R\$ 1,00 por m<sup>3</sup>, isso não implica no custo da operação do sistema de lavagem de veículos, porém muita água tratada está sendo desperdiçada.

A lavagem dos 30 veículos por dia é feita no período citado anteriormente. Para a limpeza desses carros, estima-se um consumo de 10 m<sup>3</sup>/dia, e como um dia de trabalho para esse empreendimento é de 14 horas, obtém-se uma vazão constantes de 0,198 L/s. O consumo mensal de água na lavagem é em torno de 300 m<sup>3</sup>. Todas essas informações foram fornecidas pelos encarregados da lavagem.

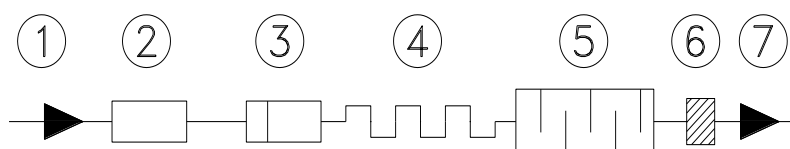
O empreendimento não possui nenhum sistema de recirculação de água, nem caixa separadora de água e óleo. Dessa forma, o sistema proposto consiste de uma caixa de areia, para remoção de material grosseiro, caixa separadora de água e óleo, dosador de floculante, chicanas de homogeneização, decantador de eixo horizontal e filtros, seguidos por um reservatório de água limpa (Figura 18).

Estima-se que este processo terá a capacidade de coletar e tratar cerca de 90 % da água utilizada na lavagem. Os outros 10 % são perdidos por evaporação, drenagem superficial ou permanecem na superfície do veículo (TABOSA, 2003).

O sistema de lavagem mecanizada funciona com a injeção de água sob pressão em bicos, promovendo um enxágüe forte e uniforme na superfície do veículo. As desvantagens de um sistema de recirculação sem adição de floculante estão relacionadas à baixa eficiência de separação do material em suspensão, resultando em elevada turbidez residual. As partículas que permanecem em suspensão podem entupir os bicos injetores da máquina de lavagem além de causarem dano à pintura dos carros na forma de arranhões, manchas e pequenas incrustações.

Faz parte do sistema de tratamento um sistema de bombeamento e um reservatório de água limpa que fará a recirculação do efluente.

Em seguida, serão mostrados todos os itens constantes do sistema de tratamento com os seus devidos desenhos e detalhes. Não cabe demonstrar o dimensionamento do sistema, sendo que todas as partes integrantes foram dimensionadas de acordo com as ABNT's e legislações vigentes.



- 1 – Entrada para o sistema de tratamento;
- 2 – Caixa de areia;
- 3 – Caixa separadora de água e óleo;
- 4 – Chicanas de homogeneização (mistura rápida);
- 5 – Decantador de fluxo horizontal (mistura lenta);
- 6 – Filtro de areia;
- 7 – Saída para o reservatório de água limpa.

FIGURA 18 – Esquema do sistema de tratamento.

### 3.3.1. Caixa de areia

É a caixa detentora de areia, que tem a função de remover o material suspenso que sempre está presente no efluente desta atividade, e devido à quantidade desse material ser grande, a caixa de areia foi dimensionada com uma boa proporção para

aumentar o período de limpeza da mesma, que será de 1 (um) mês. O diâmetro utilizado em todo sistema de tratamento é de 75 mm. A Figura 19 apresenta o projeto da mesma.

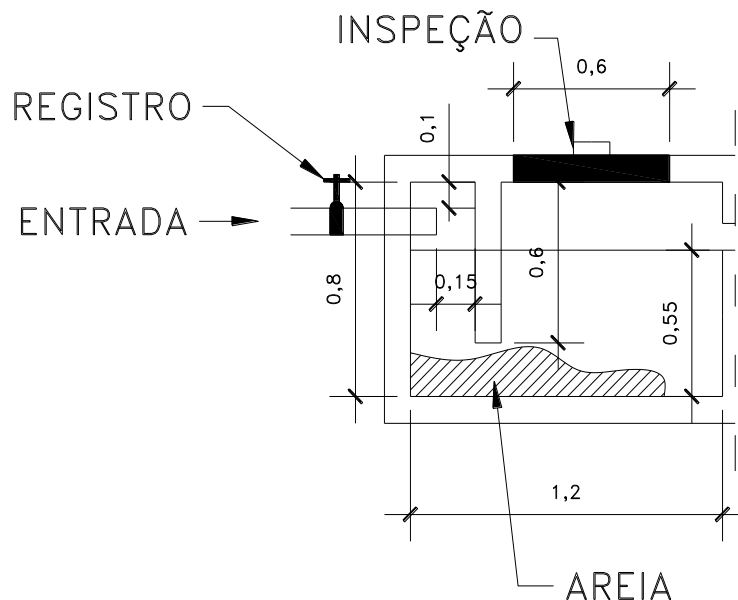


FIGURA 19 – Desenho esquemático da caixa de areia.

### 3.3.2. Caixa separadora de água e óleo

Tem a função de remover o óleo misturado no efluente, pois o mesmo não é necessário para a recirculação do efluente. O óleo será destinado para uma caixa anexa ao tratamento, onde pode ser retirado por balde ou até por sucção. Esse óleo pode até ser vendido se for de interesse para o proprietário, mas não deve ser de grande valor comercial visto que não é óleo lubrificante e sim de sabão e detergente. A Figura 20 mostra o detalhe da caixa separadora e ela está anexa à caixa de areia.

Após a separação do óleo e coleta do mesmo, ele pode ser reciclado e coletado por cooperativas sem ônus algum para o proprietário.



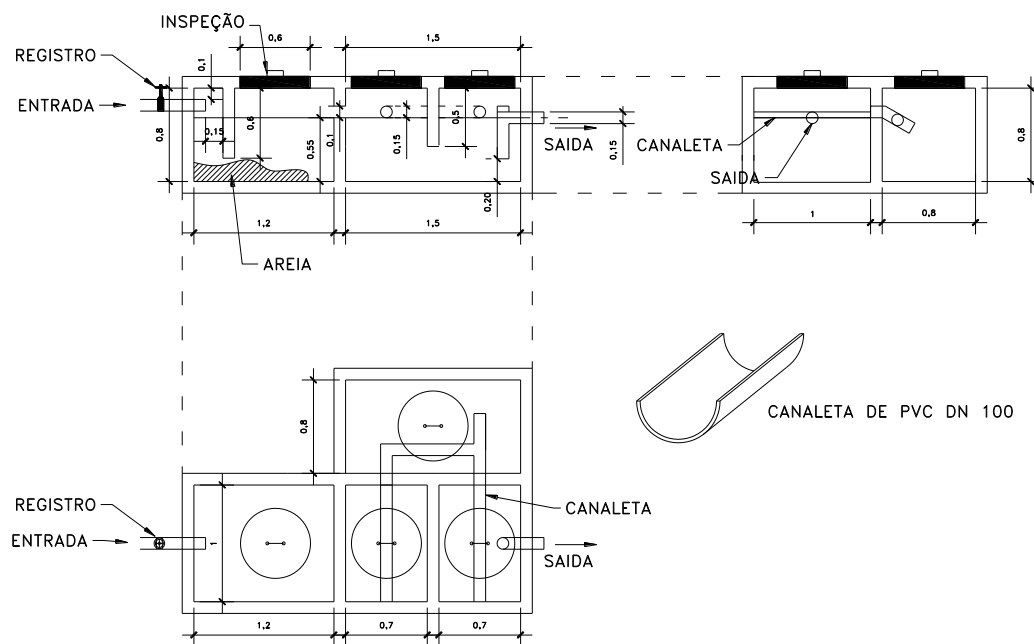


FIGURA 20 – Desenho esquemático da caixa de areia conjugada com a caixa separadora de água e óleo em planta, perfil e corte lateral.

### 3.3.3. Chicanas de homogeneização (mistura rápida)

Nesta etapa, será adicionado no processo de tratamento sulfato de alumínio líquido ( $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 18 \text{H}_2\text{O}$ ) a 40 ppm de concentração. Esse produto é um excelente floculante de baixo custo. Reage com a própria alcalinidade da água formando hidróxido de alumínio ( $\text{Al}(\text{OH})_3$ ) de aspecto gelatinoso, responsável pela floculação de impurezas. A dosagem vai ser feita através de um dosador de gravidade regulado com um registro globo. Esse sistema terá um acionamento automático através de uma bóia. Sempre que a caixa separadora de água e óleo chegar no seu nível máximo, o sistema terá a entrada liberada misturando o floculante com o efluente, mas previamente a dosagem do sistema já estará regulada para dosagem de 40 ppm.

Para dosagem de 40 ppm, será gasto 40 mg de sulfato de alumínio líquido para 1 (um) litro de efluente. Ou seja, para o gasto mensal de 300.000 litros serão necessários apenas 12 kg de produto químico.

As chicanas serão feitas de tubos de PVC e têm o objetivo de misturar o produto químico com o efluente com certa turbulência garantindo que o produto seja disperso uniformemente em toda massa líquida do efluente.

A partir da dosagem do flocculante, a massa líquida permanecerá nessas chicanas por 45 segundos. Esse tempo foi o ideal nos testes de laboratório e por todo esse tempo a massa líquida irá percorrer o percurso em forma de “S” desenhado pelas chicanas de PVC.

Com a vazão constante do sistema de 0,198 L/s, com 45 segundos de residência da massa líquida nesse compartimento e será adotado um raio hidráulico de 90% do diâmetro da tubulação, teremos um volume de 9 litros no sistema. Será utilizada uma tubulação de 75 mm de diâmetro com uma inclinação de 2%, com 2,70 m de comprimento e terá uma velocidade de 1 m/s que garantirá uma boa mistura do produto químico. A Figura 21 apresenta o projeto das chicanas.

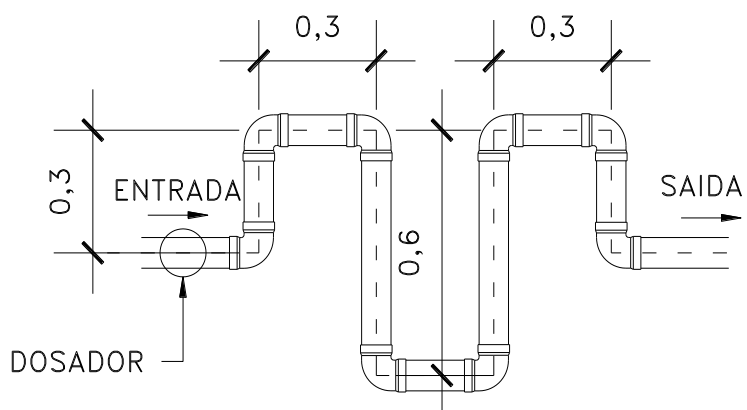


FIGURA 21 – Desenho esquemático da chicanas de homogeneização (mistura rápida).

### 3.3.4. Decantação de fluxo horizontal (mistura lenta)

A decantação consiste na deposição de materiais em suspensão na água pela ação da gravidade, e nesse caso pela força centrípeta também. Os flocos gelatinosos irão se aglomerar nas paredes do decantador, com baixa velocidade.

Esse tanque (Fig. 22) funcionará como mistura lenta, formando os flocos gelatinosos e como decantador pelo fato de aglomeração nas paredes do mesmo. O sistema de tratamento não terá uma fase única de decantação devido à filtragem direta posterior a esse evento conseguir remover de forma eficaz a turbidez e a cor do efluente.

A limpeza do tanque pode ser feita manualmente com uma espátula e disposto em um container da coleta pública de lixo, como mencionado anteriormente.

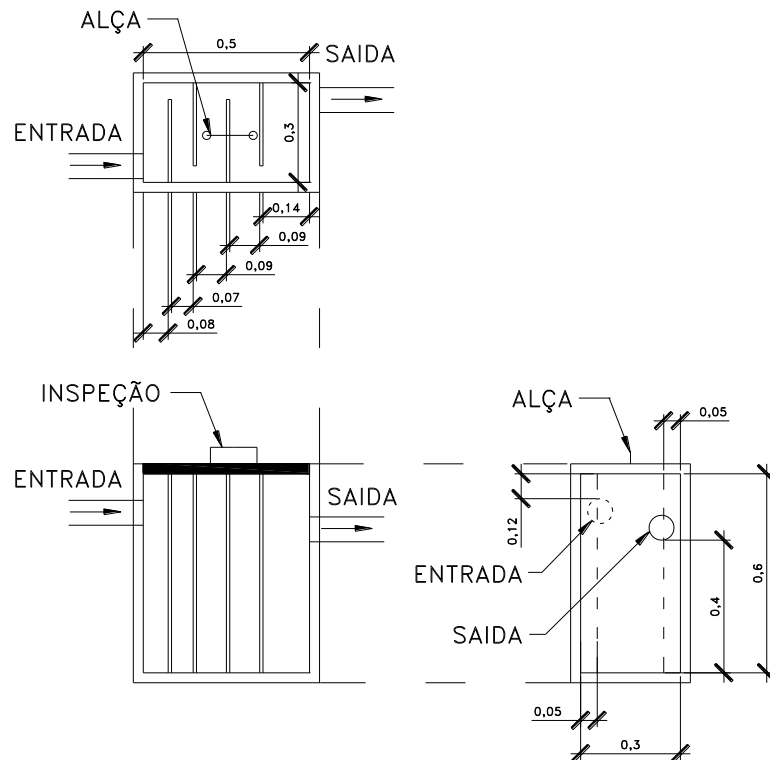


FIGURA 22 – Desenho esquemático da decantador de fluxo horizontal (mistura lenta) em planta, perfil e corte lateral.

### 3.3.5. Filtragem rápida

A filtragem ou filtração, nada mais é do que a passagem da água por uma substância porosa onde se consegue reter ou remover uma determinada quantidade de impurezas.

O cascalho fino e areia são os materiais mais comumente utilizados, pela sua eficiência e custo de aquisição, porém, como a vazão do estudo é tão baixa e a quantidade de impurezas já está bastante reduzida pela decantação/floculação, somente a areia tipo I (grossa) é suficiente para diminuir a turbidez e a cor do efluente. A filtração será de fluxo ascendente e ao final do meio filtrante, uma camada de Bidim (manta geotextil) cobrirá a areia, para não haver arraste com o efluente filtrado.

A limpeza do sistema será feita semanalmente, com o procedimento de remoção da areia e lavagem com água corrente limpa durante 5 minutos que pode ser feita em dois baldes com a passagem de um balde para o outro. Após essa lavagem, a areia pode ser recolocada no filtro. A Figura 23 apresenta o projeto do filtro.

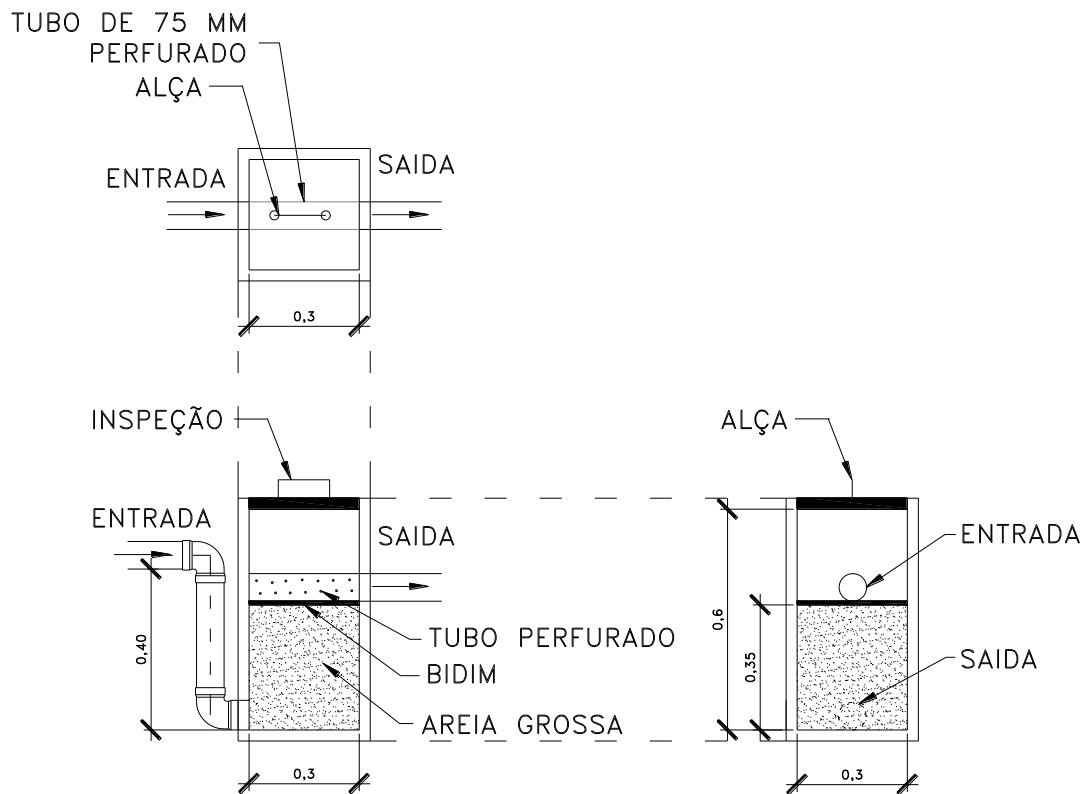


FIGURA 23 – Desenho esquemático do projeto do filtro em planta, perfil e corte lateral.

### 3.3.6. Sistema de bombeamento e tanque de água limpa

Finalizando o sistema de tratamento, após a filtragem o efluente agora tratado será disposto em uma câmara elevatória com capacidade de 1000 litros que bombeará o efluente para um reservatório elevado que servirá de abastecimento para o sistema de lavagem. O reservatório será feito em fibra de vidro com capacidade de 3000 litros e também receberá água nova para repor a perda do sistema.

O conjunto motor-bomba será de eixo horizontal com acionamento automático através de bóias de nível.

O recalque será em tubo de 32 mm com a sucção de 40 mm.

A Figura 24 apresenta o projeto do sistema de recirculação.

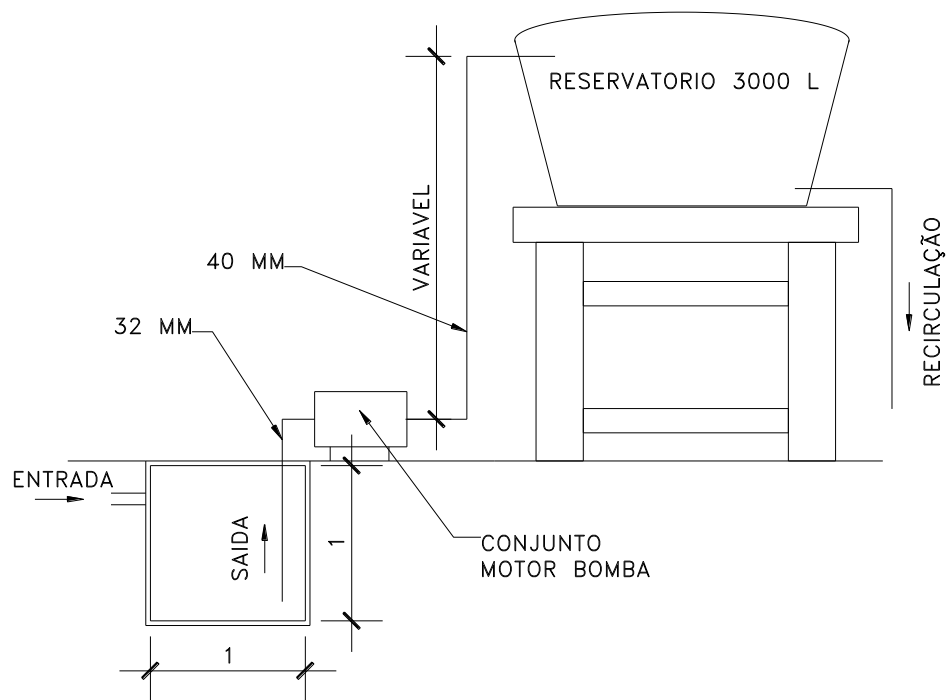


FIGURA 24 – Desenho esquemático dd sistema de bombeamento e recirculação de água limpa.

#### 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Após as análises do *overflow do jar test*, observou-se:

- Que o sistema de tratamento em nível de bancada é muito eficiente, como mostrado nas Figuras 25 e 26.
- Houve uma remoção da cor aparente do efluente em uma escala de 1640% após o tratamento em escala de bancada. E a remoção da turbidez foi a uma escala de 8425%.

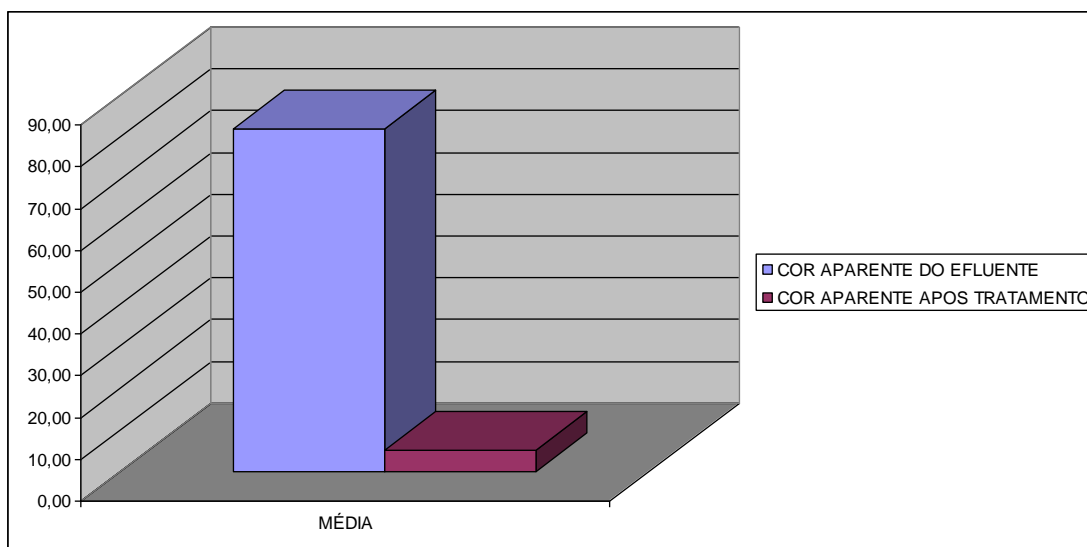


FIGURA 25 – Comparação entre as cores aparentes do efluente antes e após o tratamento (a unidade do eixo das coordenadas está em UC – Unidade de Cor).

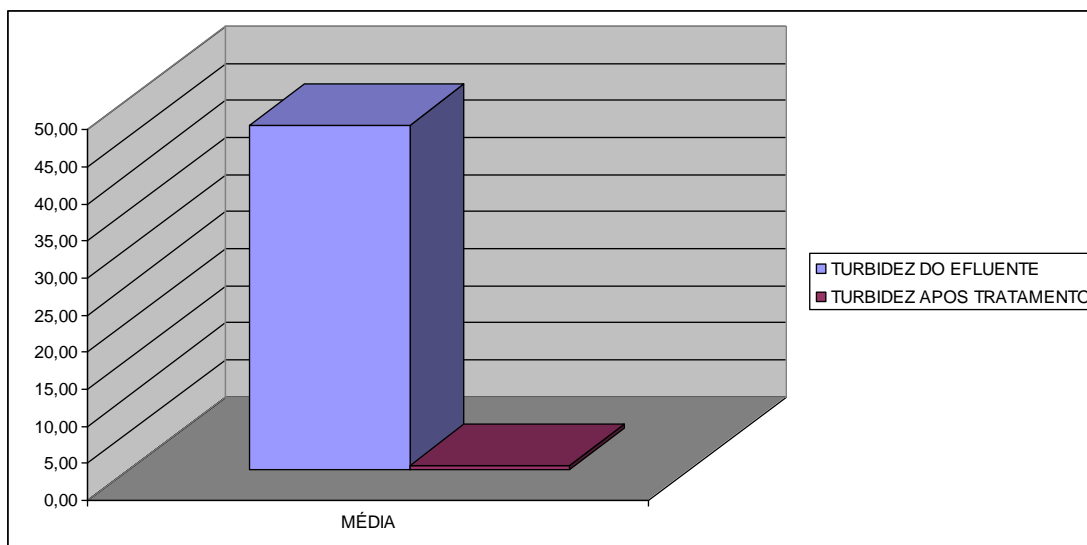


FIGURA 26 – Comparação entre a turbidez do efluente antes e após o tratamento (a unidade do eixo das coordenadas está em UNT – Unidade Nefelométrica de Turbidez).

Isso leva a crer, para esses parâmetros que são especialmente fundamentais para a atividade do empreendimento, que o sistema de tratamento tem uma eficiência mais do que a desejada e, inclusive nesses parâmetros, os níveis são menores até do que a água tratada servida pela COSANPA para aquela região.

## **5. AVALIAÇÃO TÉCNICA E FINANCEIRA DA IMPLANTAÇÃO DO SISTEMA**

Esta etapa teve o objetivo de avaliar o sistema e o processo desenvolvido em termos de capacidade, eficiência e custo de instalação e operação, visando sua inserção no setor de postos de lavagem. Para tanto, foi feita uma avaliação econômica considerando diferentes aspectos como custo atual e futuro da água, tempo de retorno do investimento e redução do impacto ambiental.

Para a aquisição de produtos químicos, o sulfato de alumínio líquido é vendido na região metropolitana de Belém a um preço de R\$ 1,14/Kg, e para a operação do sistema por um ano, com a dosagem de 40 ppm será gasto um volume de 90 kg, que nos dará um custo anual de R\$ 102,47.

Para construção do sistema de tratamento, foi orçado o mesmo sistema com fibra de vidro, em alvenaria e em concreto armado. Em fibra de vidro o custo de implantação do sistema de tratamento completo, incluindo bombeamento, foi de R\$ 1.907,20. Para alvenaria com construção de lastros de concreto, foi de R\$ 3.577,32. E o mesmo sistema em concreto custa R\$ 2.661,46.

O único item que não está orçado em ambos os sistemas é a instalação, como a escavação, pavimentação e acabamento, por que isso varia muito para cada lava-jato. Foram orçadas somente as partes integrantes do sistema de tratamento. Não cabe ao estudo a implantação da proposta do sistema de tratamento, somente o dimensionamento e a viabilidade econômica da mesma. A implantação do sistema no empreendimento implicaria em algumas mudanças no posto de combustível, pois a lavagem esta muito próxima dos tanques de combustível.

Através deste orçamento, observou-se que o sistema feito de fibra de vidro é o mais viável economicamente, e também o mais prático. Com o orçamento mensal de operação do empreendimento, a implantação do sistema de tratamento pode ter o seu retorno imediato, visto que o empreendimento lucra em média R\$ 18.000,00 por mês.

O único gasto de operação do sistema será o de energia elétrica do bombeamento, além da aquisição do sulfato de alumínio.

A limpeza do sistema pode ser feita mensalmente e o resíduo gerado no sistema pode ser disposto no aterro do Aurá, através da coleta pública de resíduos sólidos. Somente será preciso um container de resíduos de 5 m<sup>3</sup> que pode ser



solicitado gratuitamente uma vez por mês na Secretaria Municipal de Saneamento – SESAN, para qualquer logradouro público.

A limpeza poderá ser feita manualmente pela visita que cada compartimento do sistema terá. E o tempo de limpeza que está sendo proposto está sendo definido principalmente pela facilidade da limpeza e da coleta do resíduo, pois com a taxa de sedimentação do sistema e a quantidade de sólidos no efluente, o sistema pode ter uma eficiência aceitável com uma boa lamina d'água no sistema de tratamento até três meses.

## **6. CONCLUSÕES**

Após as discussões e fundamentos apresentados nos capítulos anteriores, observou-se que o trabalho inclui atividades de pesquisa e desenvolvimento e aplicação de um processo de tratamento e reciclagem da água na lavagem de veículos. O sistema de tratamento proposto se apresenta completo, com todas as etapas necessárias para clarificação do efluente e reutilização do mesmo.

O sistema apresenta baixo custo de implantação (construção do equipamento) e custo operacional. O sistema demonstrou proporcionar uma elevada clarificação da água tratada, comparada com o efluente, o que possibilita a sua reutilização sem ocasionar problemas de desgaste ou entupimento dos dispositivos de lavagem, danos à pintura dos veículos e o aparecimento de manchas na sua superfície.

Outra vantagem deste sistema é a eliminação completa do efluente líquido da lavagem para a drenagem pluvial, ou seja, proporciona a emissão zero de agentes poluidores junto à lavagem de veículos.

O próximo passo será a tentativa de patentear o sistema de tratamento a fim de difundi-lo para todos os lava jato do município de Belém, o que permitirá a recirculação e depuração desse efluente que hoje é comumente lançado na drenagem de águas pluviais e tem como destino final a Baía do Guajará.

## 7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

APHA, AWWA, WEF. *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater*, 20th Edition, 1998

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT.

CONAMA. *Resolução No 357/05 do Conselho Nacional do Meio Ambiente, 2005.*

Google Earth. Software - Acesso em: 08 de janeiro de 2008.

GOVERNO DO ESTADO DO PARÁ, Companhia de Saneamento do Estado do Pará – COSANPA. *Relatório anual 2007*. Belém, 2007.

LEI Nº 7.690 de 17/01/1994, Município de Belém. *Determina a obrigatoriedade dos postos e empresas de lavagem de carro a utilizarem em seus serviços água de poço*. Belém, 1994.

MACHADO, C. J. S., *Reuso de Água Doce*. Disponível em: <http://www.ambientebrasil.com.br/composer.php3?base=./agua/doce/index.html&conteudo=./agua/doce/artigos/reuso.html>. Acesso em: 20 de setembro de 2007.

MACINTYRE, A. J., *Instalações Hidráulicas Prediais e Industriais*. 3º edição. Rio de Janeiro, 1996.

MATTA, M. A. S., *Fundamentos Hidrogeológicos para a Gestão Integrada dos Recursos Hídricos da Região de Belém/Ananindeua – Pará, Brasil*. Tese de Doutorado. Belém, 2002.

MINISTERIO DA SAÚDE, Portaria no. 518/04. *Dispõe sobre os níveis de potabilidade da água para consumo humano*, 2004.

PREFEITURA MUNICIPAL DE BELÉM, Secretaria Municipal de Economia – SECON. *Ofício no. 588/07/GAB*. Belém, 2007.

PREFEITURA MUNICIPAL DE BELÉM, Secretaria Municipal de Meio Ambiente  
– SEMMA. *Ofício no. 329/07/GAB*. Belém, 2007.

TABOSA, E. O., *Tratamento e Reuso das Águas de Lavagem de Veículos*.  
Departamento de Engenharia de Minas, Laboratório de Tecnologia Mineral e  
Ambiental, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre – RS, 2003.