

---

**MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO**  
**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL**  
**ESCOLA DE ENGENHARIA**  
**MESTRADO PROFISSIONALIZANTE EM ENGENHARIA**

**MELHORIAS NA ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE EFLUENTES**  
**DE UMA EMPRESA METAL MECÂNICA DE PRODUÇÃO**  
**DE COMPONENTES HIDRÁULICOS**

**CINTIA ALVES NEVES**

**Porto Alegre, RS**  
**2005**

**MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO**  
**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL**

---

---

**ESCOLA DE ENGENHARIA**  
**MESTRADO PROFISSIONALIZANTE EM ENGENHARIA**

**MELHORIAS NA ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE EFLUENTES**  
**DE UMA EMPRESA METAL MECÂNICA DE PRODUÇÃO**  
**DE COMPONENTES HIDRÁULICOS**

**CINTIA ALVES NEVES**

**Orientador: Prof. Dr. Ivo André Homrich Schneider**

**Banca Examinadora:**

**Dr. Gerson Miltzarek**

**Dra Isabela Holtermann Lagreca**

**Dra. Marlize**

**Trabalho de Conclusão do Curso de Mestrado Profissionalizante em**  
**Engenharia como requisito parcial à obtenção do título de mestre em**  
**Engenharia – Modalidade Profissionalizante**  
**Ênfase em Engenharia Ambiental e Tecnologias Limpas**

**Porto Alegre, RS**

**2005**

Este trabalho de Conclusão foi analisado e julgado adequado para a obtenção do título de mestre em ENGENHARIA e aprovado em sua forma final pelo orientador e pelo coordenador do Mestrado Profissionalizante em Engenharia, Escola de Engenharia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

---

**Prof. Dr. Ivo André Homrich Schneider**  
Orientador  
Escola de Engenharia  
Universidade Federal do Rio Grande do Sul

**Prof. Dr. Carlos Artur Ferreira**  
Coordenador  
Mestrado Profissionalizante em Engenharia  
Escola de Engenharia  
Universidade do Rio Grande do Sul

**Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Carin Maria Schmitt**  
Coordenadora  
Mestrado Profissionalizante em Engenharia  
Escola de Engenharia  
Universidade Federal do Rio Grande do Sul

**Banca Examinadora:**

Prof. Dr. Gerson Miltzrek (Centro de Tecnologia – UFRGS)

Prof.<sup>a</sup> Dra. Isabela Holterman Lagreca (Centro de Tecnologia - UFRGS)

Prof.<sup>a</sup> Dra. Marlize Cantelli (Departamento Eng<sup>a</sup> Química – PUCRS)

---

“De tudo ficam três coisas:  
a certeza de que estamos sempre começando,  
a certeza de que é preciso continuar e  
a certeza de que podemos ser interrompidos antes de terminar.  
Fazer da interrupção um caminho novo.  
Fazer da queda um passo para a dança,  
do medo uma escada, do sonho uma ponte  
da procura um encontro”

Fernando Sabino

---

Para minha amada filha  
**Carolina** e  
meu esposo **Samuel**.

#### **AGRADECIMENTOS**

Primeiramente quero agradecer à Deus.

---

O desenvolvimento e conclusão deste trabalho só foram possíveis pelo inestimável apoio e amizade de algumas pessoas, as quais gostaria de expressar minha profunda gratidão.

Em especial ao meu esposo e filha **Carolina**, que é a maior realização de um sonho e o meu maior tesouro.

Agradeço muito aos meus familiares pelo incentivo, paciência, apoio e ajuda prestada para que este trabalho fosse concretizado.

À Parker pela oportunidade.

Ao Professor Ivo André Schneider pela dedicação, incentivo e paciência como orientador.

Enfim, a todos os meus amigos pelo incentivo e apoio.

---

## SUMÁRIO

INTRODUÇÃO .....	14
1. OBJETIVOS .....	16
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA .....	17
2.1. Introdução aos sistemas hidráulicos.....	17
2.2. Componentes dos sistemas hidráulicos.....	21
2.3. Fluxograma de produção.....	25
2.4. Principais matérias-primas utilizadas no processo produtivo.....	30
3.4.1. Fluido de corte.....	30
3.4.2. Desengraxantes.....	33
3.4.3. Fosfato de ferro.....	34
3.4.4. Aço.....	35
3.4.5. Cromo.....	35
3.5. Tratamento dos efluentes da indústria metal mecânica .....	36
3.5.1. Tratamento do cromo por redução e precipitação .....	36
3.5.2. Quebra de emulsão.....	38
3.5.3. Coagulação-floculação.....	40
3.5.4. Adsorção em carvão ativado.....	42
3.5.5. Tratamento do lodo.....	44
3.5.6. Lagoa aerada facultativa.....	47
3.5.6. Parâmetros de qualidade para emissão de efluentes.....	52
4. EXPERIMENTAL.....	52
4.1. Descritivo da estação de tratamento dos efluentes.....	52
4.2. Legislação a ser obedecida.....	60
4.3. Levantamento dos pontos de melhoria.....	61
4.3.1. Possibilidades de troca de matérias primas.....	62
4.3.2. Redução da carga orgânica na etapa de quebra de emulsão.....	63
4.3.3. Aquisição de aerador.....	64
4.3.4. Filtros de carvão ativado.....	65
4.4. Análises químicas .....	67
5. RESULTADOS e DISCUSSÕES.....	68
5.1. Caracterização do efluente.....	68
5.2. Caracterização das principais matérias-primas.....	70
5.3. Substituição do sistema de quebra de emulsão.....	76
5.4. Aquisição do aerador.....	77
5.5. Aplicação de um filtro de carvão ativado no efluente de saída do decantador.....	77
5.6. Aplicação de um filtro de carvão ativado no efluente da saída da lagoa aerada.....	81
5.7. Monitoramento do efluente final.....	81
6. CONCLUSÕES .....	85
7. SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS.....	86
8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	



## LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Desenho ilustrativo de um sistema hidráulico. Por simplicidade, omitiram-se do circuito manômetro, filtros e válvulas.....	18
Figura 2. Desenho ilustrativo de bomba de engrenagens.....	19
Figura 3. Válvula de ajuste de pressão. Esquerda: posição totalmente fechada, não permitindo passagem de óleo. Direita: posição totalmente aberta.....	20
Figura 4. Bomba hidráulica.....	21
Figura 5. Cilindros hidráulicos Móbile e industrial.....	22
Figura 6. Comando hidráulico.....	23
Figura 7. Válvula hidráulica.....	23
Figura 8. Pás-carregadeiras.....	23
Figura 9. Máquinas e ferramentas.....	24
Figura 10. Retroscavadeira.....	24
Figura 11. Fluxograma da Unidade de Cilindros.....	27
Figura 12. Fluxograma da Unidade de Bombas.....	28
Figura 13. Fluxograma da Unidade de Comandos/Válvulas.....	29
Figura 14. Foto geral da Estação de Tratamento de Efluentes.....	52
Figura 15. Fluxograma da Estação de Tratamento de Efluentes.....	54
Figura 16. Tanque de acumulação.....	55
Figura 17. Tanque de quebra de emulsão.....	56

Figura 18. Tanques de redução do cromo.....	56
Figura 19. Tanque de equalização.....	57
Figura 20. Decantador.....	58
Figura 21. Filtros de carvão ativado. Esquerda: Filtro após o tratamento primário. Direita: Filtro após o tratamento secundário.....	58
Figura 22. Lagoa aerada facultativa.....	59
Figura 23. Adensadores, filtro-prensa e leito de secagem.....	60
Figura 24. Tanques de máquinas e lavadoras.....	63
Figura 25. Tanques de quebra de emulsão.....	64
Figura 26. Aerador na lagoa aerada facultativa.....	65
Figura 27. Filtro de carvão ativado após o tratamento físico-químico.....	66
Figura 28: Filtro de carvão ativado após a lagoa aerada facultativa.....	66
Figura 29. Concentração de DQO em mg/L dos desengraxantes utilizados no processo produtivo.....	71
Figura 30. Comparativo entre DQO dos óleos solúveis utilizados no processo produtivo.....	74
Figura 31. Comparativo entre fósforo do aditivo de limpeza e fosfato de ferro do processo produtivo.....	75
Figura 32. Valores médios de DQO e óleos e graxas referente a quebra de emulsão com o tratamento convencional e o tratamento com o produto da Klintex.....	77
Figura 33. Comparativo entre DQO do decantador e saída do filtro.....	78
Figura 34. Comparativo entre a DQO da saída da lagoa e a DQO da lagoa + filtro.....	81
Figura 35. Análise do efluente final.....	83

**LISTA DE TABELAS**

Tabela 1. Principais fluidos de corte e seus principais componentes e propriedades.....	19
Tabela 2 . Classe orgânicas adsorvidas por carvão ativado.....	31
Tabela 3. Vantagens e desvantagens do filtro prensa.....	34
Tabela 4. Parâmetros de qualidade do efluente.....	48
Tabela 5. Ensaio, unidade de medida, metodologia e limite de detecção.....	54
Tabela 6. Resultado do efluente final no ano de 2004.....	56
Tabela 7. Comparativo entre os desengraxantes utilizados no processo produtivo.....	58
Tabela 8. Comparativo entre os óleos solúveis utilizados no processo produtivo.....	60
Tabela 9. Comparativo entre o fosfato de ferro e o aditivo de limpeza do túnel utilizado no processo de pintura.....	62
Tabela 10. Dados comparativos entre o tratamento convencional e o tratamento com o produto Klintex na quebra de emulsão.....	64
Tabela 11. Dados de DQO do decantador e do filtro após o tratamento primário.....	66
Tabela 12. Média de DQO da lagoa e lagoa + filtro.....	68
Tabela 13. Resultados do efluente final referente ao ano de 2005.....	70

## RESUMO

A Parker Hannifin Ind. & Com. Ltda é uma empresa sediada em Cachoeirinha – RS - Brasil, ligada a cadeia automotiva, onde seus principais produtos são: comandos e válvulas industriais, cilindros industriais, bombas industriais e sistemas hidráulicos. Entre as questões ambientais enfrentadas pela Empresa, está o enquadramento do efluente líquido dentro dos padrões exigidos pela licença de operação. Os efluentes líquidos gerados na empresa provêm das cabines de pintura, tratamento de superfície (cromagem), cabine de lavagem de tanques e utensílios com óleo, desengraxantes das lavadoras de peças, emulsão oleosas das máquinas de usinagem e óleos integrais de bancadas de testes. Assim, o objetivo do presente trabalho foi adequar a estação de tratamento de efluentes dentro do estabelecido pela legislação. A metodologia de trabalho

consistiu na caracterização do efluente industrial, estudo de alternativas no processo produtivo para a redução da carga orgânica na ETE e identificação de pontos de melhoria na ETE. Os resultados obtidos demonstraram que a principal deficiência da ETE é a alta carga orgânica no efluente final, expressa pelo alto valor da Demanda Química de Oxigênio (DQO). Foram adotadas várias atitudes para buscar o enquadramento do parâmetro DQO. Substituíram-se insumos químicos no processo produtivo, entre os quais óleos, desengraxantes e agentes fosfatizantes que apresentassem características menos agressivas ao meio ambiente. Identificou-se pontos de melhoria na ETE, entre os quais a mudanças no processo de quebra de emulsão, aquisição de mais um aerador e colocação de filtros de carvão ativado em dois pontos da estação de tratamento de efluentes. Todas estas atitudes convergiram para conseguir o objetivo do trabalho que é o enquadramento do parâmetro DQO dentro do estabelecido pelo órgão ambiental estadual – FEPAM.

## ABSTRACT

The Parker Hannifin Ind. & Com. Ltda is a company located in Cachoeirinha – RS - Brasil, linked to the automotive chain, where its main products were: industrial command and valves, industrial cylinders, industrial pumps and hydraulic systems. The treatment of the liquid effluent to reach the emission standards is one of the main problems faced by the company. The wastewater is a mixture from water flows from metal cutting, washing, finishing and painting operations. Thus, the aim of this work was to improve the wastewater treatment plant to attend the emission standards established by the state legislation. The methodology consisted in the characterization of the industrial effluent, a study to change the chemicals used in the productive process to reduce the organic load, and identification of potential points that can be improved in the effluent treatment plant. The results showed that the main problem is the high concentration of organic matter in the final effluent, which is expressed by the chemical oxygen demand (COD). It was carried out a sequence of providences to reduce the organic load. Reagents applied in process were changed, including oils, degreasing and phosphate chemicals. Is was identified improvement points in effluent treatment plant, including changes in the process of oil separation, acquisition of one more aerator, and the introduction of two activated carbon filters in two points of the plant. All this attitudes reduced the COD to emission levels below of the established by state environmental agency.

## 1. INTRODUÇÃO

A Parker é uma empresa multinacional com sede em Cleveland – Estados Unidos. No Brasil a Parker possui oito divisões sendo: Aeroespacial em São Paulo - SP, Filtração em Jacareí – SP, Hidráulica em Cachoeirinha – RS, Instrumentação em São Paulo - SP, Seals em São Paulo e Atenas – SP, Fluido Conectores em Jacareí – SP e Curitiba – PR, Climatização e Controle Industrial em São Paulo - SP e Automação em Jacareí – SP.

No estado existem tem 217 metalúrgicas ligadas à cadeia automotiva. A Parker Hannifin Ind. & Com. Ltda pertence

ao grupo de hidráulica da Parker e está ligada à cadeia automotiva em virtude do ramo industrial a que pertence. A Parker possui duas unidades de hidráulica no mundo, sendo uma em Cachoeirinha – RS e outra nos Estados Unidos. Seus principais produtos são: comandos e válvulas industriais, cilindros industriais, bombas industriais e sistemas hidráulicos. Seus principais clientes são: Caterpillar, CNH, FiatAllis, John Deere e AGCO.

Assim como as empresas do grupo automotivo, a Parker está preocupada com as questões ambientais e em função disto está estruturando um Sistema de Gerenciamento Ambiental. Este sistema consiste em buscar alternativas ambientalmente corretas para destinação dos resíduos sólidos, melhorias nos processos industriais e administrativos, bem como alternativas de tratamento dos efluentes líquidos. Como melhorias no processo industrial pode-se destacar a redução dos desperdícios, a otimização dos processos e a redução dos impactos na fonte.

Os efluentes líquidos gerados na empresa provêm das cabines de pintura, tratamento de superfície (cromagem), cabine de lavagem de tanques e utensílios com óleo, desengraxantes das lavadoras de peças, emulsão oleosa das máquinas de usinagem e óleos integrais de bancadas de testes. Todos os efluentes são destinados para estação de tratamento de efluente, exceto os óleos integrais que são enviados para re-refino. Na ETE os efluentes são segregados de acordo com suas características e recebem tratamento preliminar, se necessário. No caso do efluente de cromo é feita a redução do cromo de VI para cromo III e nos efluentes ricos em óleo é realizada a quebra de emulsão.

Após este processo é realizado o tratamento físico-químico e biológico. O tratamento físico-químico é composto de coagulação/floculação, sedimentação e filtração. Já o tratamento biológico é realizado através do processo de lagoa aerada. Após o tratamento, o efluente é lançado para rede pluvial pública.

Realiza-se o monitoramento dos parâmetros estabelecidos na licença de operação de acordo com o Sistema de Autonitoramento - SISAUTO do órgão ambiental, mas além deste é analisado os parâmetros DQO, cromo total e cromo VI com maior frequência, pois os mesmos são mais sensíveis no processo, devido ao potencial poluidor do processo produtivo.

Entretanto, no monitoramento da ETE, observou-se que algumas vezes o parâmetro DQO (Demanda Química de Oxigênio), excede os limites estabelecidos na licença de operação expedida pelo órgão ambiental – FEPAM ( Fundação Estadual de Proteção Ambiental ).

Portanto, este trabalho demonstra as melhorias na operação da ETE, a fim de adequar a mesma dentro do estabelecido na licença de operação, assim como procurar métodos alternativos no processo produtivo a fim de reduzir o potencial poluidor dos despejos enviados para a estação de tratamento de efluentes.

---

## 2. OBJETIVOS

O objetivo geral desta pesquisa é adequar a estação de tratamento de efluentes dentro do estabelecido na licença de operação expedida pelo órgão ambiental, principalmente com a finalidade de reduzir o índice de DQO na saída da lagoa.

Com relação aos objetivos específicos pretende-se:

- caracterizar a eficiência da estação de tratamento de efluentes;
- estudar alternativas no processo produtivo para a redução da carga orgânica na ETE;
- identificar pontos de melhoria na ETE;

### 3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

A presente revisão bibliográfica versa sobre uma introdução aos sistemas hidráulicos, os principais materiais empregados na construção dos componentes hidráulicos bem como as principais operações para o tratamento de efluentes gerados por este tipo de indústria e similares.

#### 3.1. Introdução aos sistemas hidráulicos

A Hidráulica pode ser definida como um meio de transmitir energia, pressionando um líquido confinado. As informações que seguem foram retiradas do “Manual de Hidráulica Básica”( PARKER, 2000 ).

Em se tratando de sistemas hidráulicos industriais, o líquido transmissor de energia é o óleo hidráulico. Trata-se de um derivado de petróleo com uma série de aditivos para proteger o sistema contra corrosão e tornar o óleo anti-inflamável.

Na Figura 1, encontra-se esquematizado um circuito hidráulico simples. O óleo normalmente é transportado por mangueiras. Visualiza-se um cilindro hidráulico, que é responsável pela geração de força. Basicamente, trata-se de um êmbolo em uma camisa, com conexões para entrada e saída de óleo hidráulico. A pressão do óleo movimenta o êmbolo, tornando-se, assim, possível movimentar uma carga.

Ainda em relação à Figura 1, encontra-se esquematizada uma bomba hidráulica. Ela tem como função empurrar o óleo hidráulico para dentro do cilindro. As bombas normalmente incorporam pistões, palhetas ou engrenagens, como elementos de bombeamento. Ao contrário do que normalmente se imagina, a bomba não gera pressão; a pressão do óleo é resultado da resistência ao deslocamento do fluido. A bomba succiona, por diferença de pressão, óleo de um reservatório. Esta diferença de pressão é resultado de um “vácuo momentâneo”, gerado continuamente por um motor conectado à bomba.

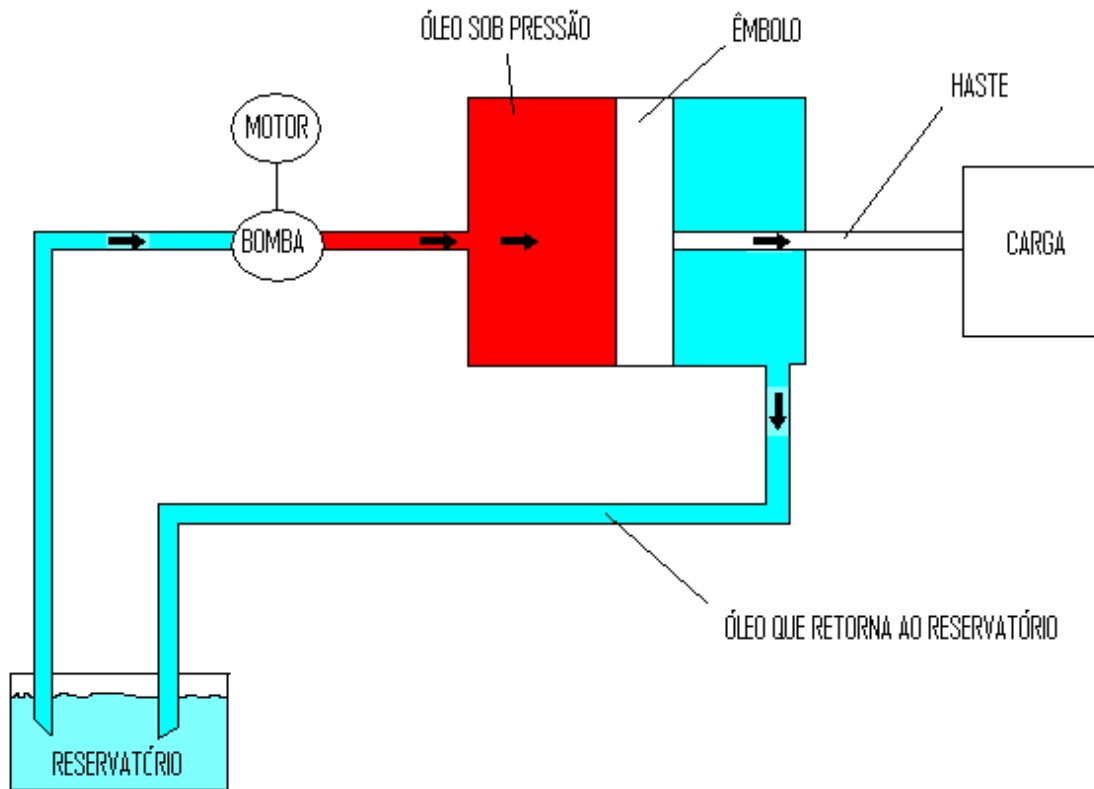
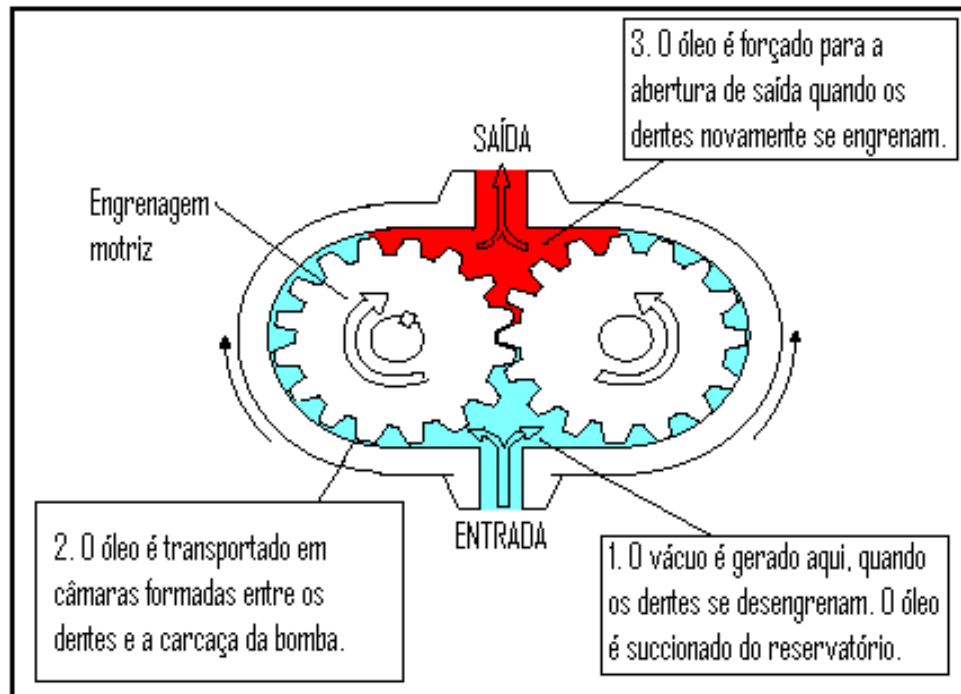


Figura 1. Desenho ilustrativo de um sistema hidráulico. Por simplicidade, omitiram-se do circuito manômetro, filtros e válvulas.

Na bomba de engrenagens, por exemplo, o vácuo é criado quando os dentes se desengrenam, e é forçado para a abertura de saída quando os dentes se engrenam novamente (Figura 2). Assim, o óleo é empurrado através de mangueiras para dentro do cilindro, que se movimenta, gerando força mecânica para, por exemplo, mover uma carga ligada à sua haste. O óleo retorna ao reservatório, para ser utilizado novamente.

Além de cilindros hidráulicos, existem outros dispositivos que convertem energia hidráulica em energia mecânica; todos são classificados como atuadores. Por exemplo, pode-se citar o motor hidráulico, que pode ser ligado a polias, engrenagens,





cremalheiras, etc.

Figura 2. Desenho ilustrativo de bomba de engrenagens.

As válvulas são o “cérebro” de qualquer sistema hidráulico. Através delas, é possível direcionar o óleo hidráulico. As chamadas *válvulas direcionais* servem para variar o movimento dos atuadores. Também é possível controlar a força com a qual se deseja trabalhar, variando a pressão do óleo com as *válvulas de ajuste de pressão*. Já com as *válvulas de ajuste de vazão*, controla-se a velocidade com que os cilindros trabalham, variando a vazão de óleo. Ainda, com as *válvulas de segurança*, é possível controlar a pressão máxima desejada no sistema.

O princípio de funcionamento da válvula de ajuste de pressão envolve um balanço de forças, considerando uma mola e a pressão de óleo (Figura.3). A pressão é variada pela regulagem de um parafuso, que comprime ou descomprime a mola.

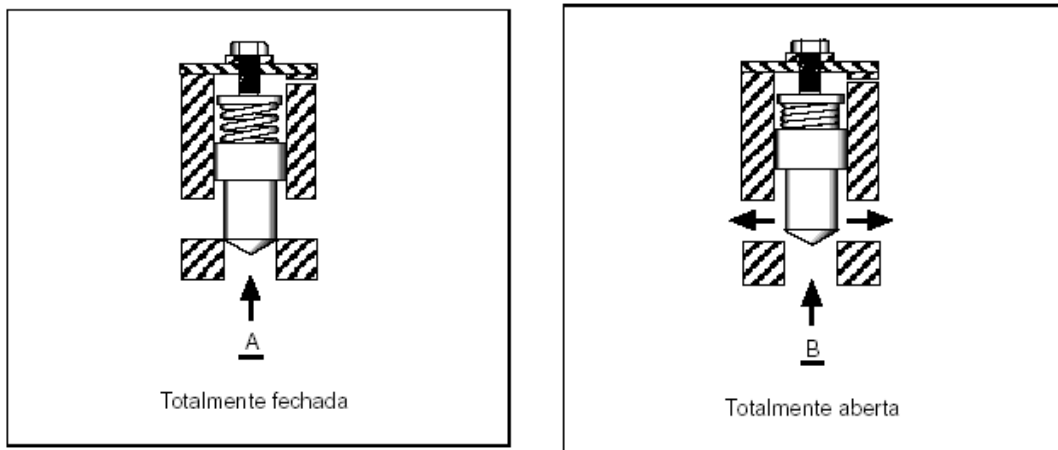


Figura 3. Válvula de ajuste de pressão. Esquerda: posição totalmente fechada, não permitindo passagem de óleo. Direita: posição totalmente aberta.

Um sistema hidráulico não é uma fonte de energia. A fonte de energia é um acionador, como por exemplo um motor elétrico que gira a bomba.

Dentre as vantagens do acionamento hidráulico, podem-se citar:

- a) velocidade variável: ao contrário de muitos motores elétricos, o atuador de um sistema hidráulico pode ser acionado a velocidades variáveis e infinitas, utilizando por exemplo uma válvula controladora de vazão.
- b) reversibilidade: os atuadores reversíveis normalmente precisam ser quase parados antes da inversão do sentido de rotação. Um atuador hidráulico pode ser revertido instantaneamente, em pleno movimento, com o auxílio de uma válvula de segurança para evitar pressões excessivas; da mesma forma, ele pode ser parado instantaneamente.
- c) proteção contra sobrecargas: com uma válvula de segurança, protege-se o sistema hidráulico de sobrecargas; quando a carga excede o limite da válvula, o fluxo da bomba é simplesmente desviado para o reservatório do sistema.
- d) dimensões reduzidas: tem-se bastante força, em mínimo peso e espaço. Além disso, com o uso de mangueiras, o atuador pode estar relativamente distante do restante do sistema.

### 3.2. Componentes dos sistemas hidráulicos

Na fabricação de sistemas hidráulicos, os principais componentes são cilindros, bombas e comandos e válvulas hidráulicos. Cada produto tem sua função principal ( PARKER, 2000 ).

## 1. Bombas hidráulicas:

**Aplicação:** Mercado móbil e industrial.



**Função principal:** “Movimentar o óleo”. Puxa/retira o óleo do reservatório (tanque) e manda para o sistema (Figura 4).

Figura 4. Bomba hidráulica

## 2. Cilindros industriais:

**Aplicação:** Mobile : aplicado em máquinas móveis.

Industrial: aplicado em máquinas estáticas, fixas (unidades hidráulicas ).

**Função principal:** Levantar/empurrar. Se movimenta através da pressão do óleo na haste. Na base ou na sua extremidade (Figura 5).



Figura 5. Cilindros hidráulicos Móbile e industrial.

### 3. Comandos/Válvulas industriais:

**Aplicação:** mercado móbil e industrial.



**Função principal:** Controle direcional - direciona o óleo ao local onde será utilizado ( Figura 6 ).

Figura 6. Comando hidráulico

**Função principal:** Válvulas reguladoras – Regular a vazão e pressão (Figura 7).



Figura 7. Válvula hidráulica

Estes componentes hidráulicos atuam no mercado móbil e industrial. No mercado móbil atua nas áreas de mineração, construção, florestal e agricultura, sendo utilizados principalmente em pás-carregadeiras, empilhadeiras, caminhões de lixo, guindastes e cestos aéreos, conforme Figura 8.

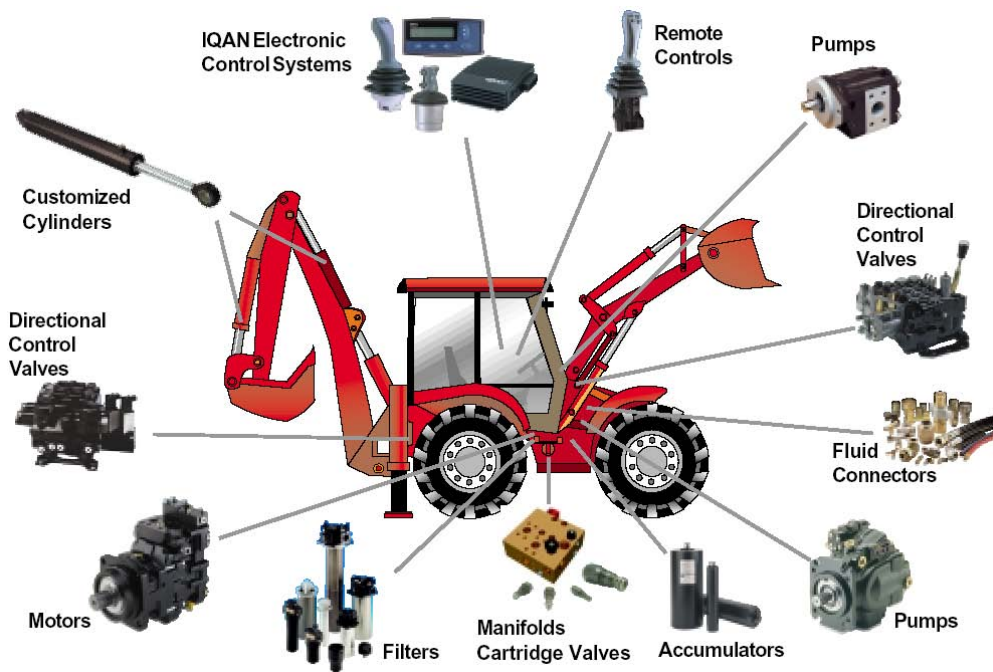


Figura 8. Pás-carregadeiras

No mercado industrial a Parker atua nas áreas de recursos naturais/mineral, embalagens, plástico e borracha, papel e fundição, sendo utilizados em equipamentos médicos, geradores de energia, compactadores e máquinas e ferramentas, conforme Figura 9.



Figura 9. Máquinas e ferramentas



Na Figura 10 temos um exemplo mais prático onde os produtos fabricados podem ser visualizados.

Figura 10. Retroescavadeira

### 3.3. Fluxograma de produção

As Figuras 11, 12 e 13 mostram os fluxogramas dos processos produtivos realizados para fabricação das bombas hidráulicas, cilindros hidráulicos e comando e válvulas hidráulicos. Nota-se através dos fluxogramas que as operações se repetem e são basicamente usinagem, sendo estas de diferentes maneiras, de acordo com a finalidade da operação e geometria da peça; limpeza das peças em questão e montagem final dos produtos.

Nas operações de usinagem, torneamento, furação, fresamento, retificação e mandrilhamento, temos como principais insumos aço, óleos minerais e solúveis. O aço é a matéria-prima base utilizado para fabricação dos componentes em questão, de acordo com o produto final que se deseja fabricar. O óleo mineral nas diversas operações de usinagem são utilizados nas unidades hidráulicas das máquinas. Já os óleos solúveis são emulsões de óleos sintéticos utilizados em concentrações que variam de 5 a 10% de acordo com a finalidade da operação de usinagem.

Nas etapas de limpeza das peças temos como insumo as soluções de desengraxantes, sendo estes de base alcalina. As concentrações das soluções também variam de acordo com a sujidade das peças.

O tratamento de superfície é a cromagem. Nesta etapa tem-se como insumo desengraxantes alcalinos, ácido sulfúrico e ácido crômico. Esta etapa é utilizada para proporcionar resistência a corrosão e dureza.

Nas etapas finais de montagem e pintura, os insumos são óleos minerais, desengraxante alcalino, banho de fosfato de ferro e tinta diversas de acordo com a exigência dos clientes.

Devido o exposto acima, na usinagem em geral os efluentes líquidos gerados são compostos por emulsões oleosas e resíduos sólidos, sendo estes cavacos e/ou limalhas, óxido de solda e papel e borra de retífica. Na limpeza das peças tem-se a produção de efluentes líquidos, compostos por soluções de desengraxantes alcalinos descartados das lavadoras e túnel de pintura. No túnel de pintura também há banhos de fosfato de ferro. Na montagem final dos produtos, os mesmos sofrem testes finais com auxílio de óleo hidráulico e estes são descartados para reservatórios específicos. Além do teste final, nesta etapa é realizada a limpeza e pintura final dos produtos, onde gera-se resíduos de tinta/solvente e efluentes de desengraxantes, banhos de fosfato de ferro e efluente proveniente das cabines de pintura.

Todos os efluentes líquidos são enviados para a estação de tratamento de efluentes da empresa, exceto os óleos hidráulicos que são entamborados e vendidos para recicladores. Com relação aos resíduos sólidos, estes são segregados de acordo com sua natureza e realiza-se a destinação final dos mesmos para empresas licenciadas no Órgão Ambiental. Todos os resíduos passíveis de reciclagem recebem este destino final. As emissões atmosféricas são canalizados para fora da fábrica e as operações que necessitam de lavadores de gases, filtros e cortina d'água são empregados, assim como: lavadores de gases nas instalações de cromagem de peças, filtros nas máquinas de solda e cortinas de água nas cabines de pintura. Os efluentes

---

provenientes destas operações também são destinados para tratamento na estação da empresa.

Todos os resíduos são gerenciados e registrados através de “softwear” apropriado para efluentes líquidos e resíduos sólidos. No caso de efluentes líquidos são registrados os resultados das análises de acordo com o ponto de coleta. Já em relação a resíduos sólidos, registra-se o resíduo gerado, o volume, destino final, transportadora, empresa receptora, MTR e nota fiscal de saída. Estes recursos são utilizados para organizar o gerenciamento e evitar que resíduos sejam destinados inadequadamente.



---

Figura 11. Fluxograma da Unidade de Bombas.

---

Figura 12. Fluxograma da Unidade de Cilindros.

---

Figura 13. Fluxograma da Unidade de Comandos/Válvulas.

### 3.4. Principais matérias-primas utilizadas no processo produtivo

#### 3.4.1. Fluido de corte

A função específica do fluido de corte solúvel no processo de usinagem é a de proporcionar lubrificação e refrigeração que minimizem o calor produzido entre a superfície da peça e a ferramenta, prolongando a vida da ferramenta e auxiliando na eliminação dos cavacos. As informações que seguem foram retiradas do “Fluido de Corte – Teoria e Aplicação” (CASTROL, 2001).

Pode-se dividir os fluidos de corte em duas classes: aqueles usados em estado puro, isto é, não diluído, e aqueles que diluídos com água e chamamos de óleos solúveis.

Fluido de corte integral baseiam-se em óleos minerais, usualmente com a adição de outros produtos químicos ou agentes para proporcionar melhores propriedades de usinagem.

O óleo mineral é uma mistura de hidrocarbonetos nos quais as cadeias são dispostas e classificadas em parafínicos (cadeia de carbono retas ou ramificadas), naftênicos (cadeias de carbono saturadas cíclicas) e aromáticos (cadeias de carbono cíclicas não-saturadas).

Os óleos minerais comportam-se como lubrificantes simplesmente pelo fato de que as moléculas de óleo fisicamente mantêm as superfícies metálicas separadas. Isso é chamado de lubrificação hidrodinâmica. Não há reação química envolvida neste processo. Sob as extremas pressões desenvolvidas em muitas operações de corte, esta película seria rapidamente empurrada para fora. Conseqüentemente para estas operações, o óleo mineral presente no fluido de corte é considerado principalmente como portador dos outros agentes que permitem ao fluido resistir estas elevadas cargas.

A viscosidade do óleo básico pode desempenhar um papel importante no funcionamento de um fluido. Óleos de baixa viscosidade tem a capacidade de penetrar e molhar rapidamente o metal e são capazes de levar os aditivos presentes ao ponto de corte, mais rapidamente do que os óleos de mais alta viscosidade. Também são mais eficientes como refrigerantes e em algumas aplicações aumentam a “mordedura” da ferramenta de corte. Óleos de mais alta viscosidade tem melhores propriedades lubrificantes, pois compõem-se de moléculas maiores que tem maior capacidade de manter a separação entre as superfícies metálicas. Em poucas palavras, óleos de baixa viscosidade são usados para penetração e refrigeração, óleos de alta viscosidade são usados para lubrificação.

Os óleos integrais possuem certas desvantagens; entre elas cita-se o "acelerado processo de deterioração, custos, riscos de incêndio, ineficiência lubrificante à altas velocidades de corte, baixo poder de refrigeração, formação de fumos e ataque à saúde do operador." Entre as vantagens do óleo integral temos a sua propriedade lubrificante, inclusive dos componentes de

máquina, relativa facilidade de sua recuperação para a reutilização e fácil quebra química no tratamento dos efluentes.

“Óleo solúveis” é o nome dado a uma faixa de produtos que, quando misturados com água, são adequados para operações de usinagem. Outras subdivisões são possíveis e são convenientes para a finalidade desta discussão conforme segue:

Óleos solúveis convencionais – emulsões de óleo mineral;

Óleos solúveis semi-sintético e sintéticos – podem ou não conter óleo mineral;

Fluido químicos – soluções de inibidores em água, sem óleo mineral.

Os óleos solúveis convencionais são, basicamente, misturas de óleo mineral e emulgadores junto com acopladores e inibidores.

Os óleos solúveis semi-sintéticos geralmente consistem de soluções aquosas a base de óleos minerais ou vegetais com aditivos de extrema pressão e lubrificantes sintéticos. Dispersos em água, formam soluções leitosas. Dentre as vantagens dos óleos semi-sintéticos temos o ótimo poder lubrificante, baixa concentração de uso e excelente proteção anticorrosiva. As desvantagens dos óleos semi-sintéticos são vida útil baixa, baixa resistência a microorganismos, equipamento suja mais rapidamente, é insalubre, difícil controle de concentração (refração), necessita de maiores cuidados (manutenção com aditivos e controle de micro organismos) e dificuldade no descarte das soluções, pois não propicia quebra química eficiente.

Os óleos solúveis sintéticos são projetados para proporcionar extrema estabilidade da solução. Consistem em soluções aquosas isentas de óleos minerais com aditivos de extrema pressão e lubrificantes sintéticos. Normalmente utilizado em operações de desbaste e usinagem leve. Caracteriza-se visualmente pelo aspecto da solução translúcida. Dentre as vantagens estão a maior vida útil da solução, alta resistência a microorganismos, excelente proteção anti-corrosiva, mantém a máquina em excelente estado de limpeza, baixa toxidez (dermatites), alta estabilidade térmica e maior poder de absorção de calor (refrigeração). As desvantagens são baixo poder de lubrificação, alta estabilidade das soluções, ou seja, cria problemas na época de descartar (DQO elevada), concentração de uso e são mais caros que os óleos solúveis convencionais;

A Tabela 1 resume os princípios fluidos de cortes e suas propriedades.

Tabela 1. Principal fluido de corte e seus principais componentes e propriedades (Klintex/Tecnoil, 2003 ).

Principais Fluidos de Corte	Integrais	Emulsões		Soluções
		Solúvel	Semi-sintética	(Químicas) Sintéticas
Principais composições	Oleo mineral, óleos graxos, cloro, enxofre e fósforo.	Água, óleo mineral, emulsificadores, cloro, enxofre, glicol, aminas e emulgadores.	Água, óleo mineral, elementos orgânicos e inorgânicos, cloro, enxofre, aminas, nitrito de sódio e biocidas.	Água, aminas, sais orgânicos e inorgânicos, cloro, enxofre, nitrito de sódio, biocidas e agentes umectantes.
Principais propriedades	Lubrificação, extrema-pressão e anticorrosão.	Refrigeração, extrema-pressão, anti-oxidação, anticorrosão, lubrificação e lavagem.	Refrigeração, extrema-pressão, anticorrosão, lubrificação e anticorrosão.	Refrigeração, extrema-pressão, anticorrosão e anti-oxidação.

A concentração da emulsão dos vários tipos de fluido de corte solúveis conforme o tipo de produto, a operação e o metal cortado. Geralmente as concentrações foram estabelecidas na prática experiência. Aconselha-se que, durante os ensaios iniciais de um óleo solúvel seja feita experiência com várias concentrações para se determinar a mais adequada para cada tipo de operação. Geralmente, os óleos leitosos são usados nas operações de usinagem em geral em concentrações de 5 a 10% para dar o equilíbrio correto entre a refrigeração e a lubrificação. Óleos solúveis translúcidos, fluidos químicos e sintéticos são usados geralmente entre 1 a 5% e m operações de retificação e outras nas quais a lubrificação não é tão importante, mas exigem propriedades de refrigeração e umectação.

### 3.4.2. Desengraxantes

O desengraxante químico tem como finalidade somente remover óleos e gorduras, podendo em certos casos, remover outras sujidades como fuligem. Este caso pode ocorrer quando em sua formulação conter elementos sequestrantes. Se o desengraxante contiver sequestrantes de amplo espectro, dificultará o tratamento de efluentes (SOLOMONS, 1996).

Este processo trabalha com variáveis de limpeza, que pode-se citar como solvência, que nada mais é que a função de solver a gordura agregada a peça, facilitando assim a remoção, saponificação e emulsão dos agentes hidrófobos. A saponificação, consiste em transformar parte das gorduras (vegetais e animais) alojadas nas peças em sabões, e neste caso funcionando como um auxiliar na limpeza e formador de espuma. A emulsão e solubilização mantém em suspensão e micro gotículas de óleos, isto deve-se a baixa tensão interfacial do banho, acrescido que na faixa de pH (alcalino) as partículas em suspensão adquirem um elevado potencial elétrico, em relação à solução de limpeza e a quantidade de agentes hidrófilos-hidrófobos (tensoativos) que mantém a ligação de água e óleo.

O mesmo acontece com a superfície metálica, que passa a repelir as gotículas de sujidades, e que de certa forma não

deixa ocorrer um processo de redeposição.

Os desengraxantes alcalinos combinam a ação de diversos sais alcalinos como: hidróxidos, carbonatos, trifosfatos, boratos, pirofosfatos, etc, que são misturados com amteriais sintéticos tensoativos e sabões (BASF, 1997).

A ação dos desengraxantes alcalinos difere bastante dos solventes, que dissolvem a sujeira. Eles deslocam a sujeira da superfície das peças e conforme o tipo de desengraxe, suspendem ou emulsificam a sujeira, podendo ainda reagir com ela para formar sabões solúveis em água.

Os desengraxantes alcalinos são usados especialmente para remover óleos e as sujeiras que esses óleos fixam nas peças. De acordo com a utilização de cada desengraxante, são adicionados agentes aditivos especiais para remover óxidos, manchas. As formas de utilização desses desengraxantes variam conforme aplicação que se destinam (LABRITS, 1998 ).

Os principais efeitos considerados prejudiciais no uso indiscriminado de tensoativos podem ser sintetizados da seguinte forma (CEPIS et al, 1998):

- Formação de espumas: inibem ou paralisam os processo de depuração natural (ou artificial), concentram as impurezas e podem disseminar as bactérias ou os vírus.
- Diminuição da absorção de oxigênio da atmosfera e da sua dissolução, mesmo que na ausência de espuma, por aparecimento de uma película isolante que se forma na superfície.
- Aumento do conteúdo de fosfatos no meio aquático resultante dos polifosfatos que se utilizam em combinação com os tensoativos favorece a eutrofização dos lagos e o desenvolvimento acelerado de organismos plânctônicos nos rios.

### **3.4.3. Fosfato de ferro**

A fosfatização é o processo pelo qual a peça tratada é recoberta por uma camada microcristalina de fosfato de zinco ou fosfato de manganês ou uma camada de conversão amorfa (sem formação de cristais) de fosfato de ferro. É o processo químico mais usado nas indústrias de automóveis, eletrodomésticos, móveis tubulares, deformação a frio e outras.

É utilizado porque aumenta a proteção anticorrosiva do metal, aumenta a aderência de tinta, condiciona as superfícies para receber compostos lubrificantes nas operações de deformação, ou partes móveis.

Devido suas características ácidas, deve-se evitar seu contato direto com cursos d'água naturais, bueiros e esgotos. Ainda, o aumento do conteúdo de fosfatos no meio aquático resultante dos polifosfatos que se utilizam em combinação com os tensoativos favorece a eutrofização dos lagos e o desenvolvimento acelerado de organismos plânctônicos nos rios (KLINTEX, 2002).

#### **3.4.4. Aço**

O aço, como produto industrial, é uma liga ferro-carbono na qual se adicionam elementos de liga com o propósito de se conseguir propriedades especiais que o deixem em condições de uso dentro dos objetivos para o qual foi fabricado. Os elementos de liga mais usuais são: cromo (Cr), níquel (Ni), tungstênio (W), vanádio (V), molibdênio (Mo), cobalto (Co), manganês (Mn), silício (Si), alumínio (Al), fósforo (P), enxofre (S), entre muitos outros. Normalmente tem-se de 0,05 a 1,7% de carbono.

As propriedades que conferem ao aço a supremacia entre todos os materiais industriais, são, sobretudo: maleabilidade, temperabilidade, dureza, resistência mecânica e tenacidade. Além disso, torna-se possível modificar em larga escala todas as propriedades tecnológicas. É a variedade desses elementos nos aços que permite a formação de diferentes tipos de aços (KLINTEX / TECNOIL, 2003).

#### **3.4.5. Cromo**

Desde que o banho de cromo duro foi aplicado pela primeira vez, este procedimento industrial sofreu muitas alterações. Este acabamento veio para melhorar as condições físico-químicas e mecânicas dos materiais. As características que em conjunto dão valor a uma película de cromo duro, pode-se classificar em resistência ao desgaste, resistência a abrasão, dureza, resistência a corrosão e coeficiente de abrasão.

Duro cromo é um processo de cromo duro não corrosivo, com um rendimento de corrente de 25%. Utiliza-se preferencialmente para substituir, com muita vantagem os banhos de cromos tradicionais. É composto por composto de ácido crômico, ácido sulfúrico e catalisador (LABRITS, 1998).

O impacto ambiental do cromo refere-se principalmente aos riscos de danos à vegetação e contaminação das águas e solo.

### **3.5. Tratamento dos efluentes da indústria metal mecânica**

O tratamento dos diversos efluentes gerados pela indústria metal mecânica são divididos em tratamento dos metais em questão utilizados, tratamento das emulsões oleosas, tratamento físico-químico através do processo de coagulação, floculação e sedimentação e tratamento biológico (WEBER, 1972; BRAILE e CAVALCANTI, 1993; RAVINA, 1993; VON SPERLIN, 1996; NUNES, 2001).



### 3.5.1. Tratamento do cromo por redução e precipitação

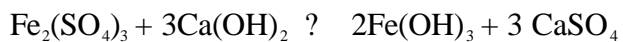
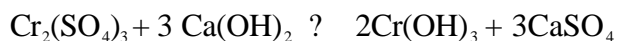
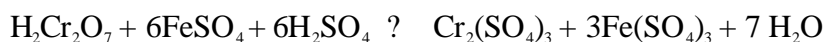
O cromo hexavalente (ácido crômico ou cromatos), na instalação de tratamento, é reduzido a cromo trivalente por agentes redutores tais como sulfato ferroso, bissulfito de sódio, dióxido de enxofre e outras formas de  $\text{SO}_2$  (BRAILE e CAVALCANTI, 1993).

Ácidos livres minerais devem estar presentes em quantidade suficiente para combinarem-se com o cromo reduzido e para manterem um pH residual igual ou menor que 3,0 assegurando, assim a reação completa. Após a redução, adiciona-se um álcali, normalmente lama de cal, para efeito de neutralização do ácido e precipitação dos sais metálicos. A neutralização e sedimentação dos despejos de cromo reduzidos, podem ser feitas concomitantemente e nos mesmos tanques dos outros despejos.

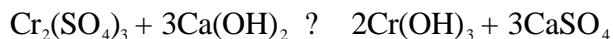
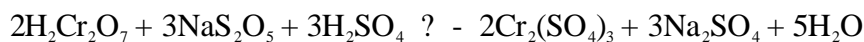
A adição de agentes redutores pode ser controlada ou por análises para cromo hexavalente ou por potencial de oxidação-redução. O controle por meio de potencial de oxidação-redução é impraticável acima de pH 2,5. Usando um ou outro método, deve-se cuidar para definir e manter condições que assegurem tratamento completo. É conveniente controlar a acidez durante a neutralização por meio do controle do pH.

#### Reações

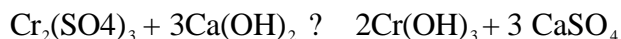
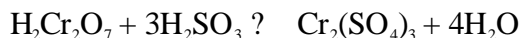
- Usando sulfato ferroso



- Usando metabissulfito



- Usando dióxido de enxofre



O sulfato ferroso, bissulfito de sódio ou dióxido de enxofre, pode ser usado, dependendo dos aspectos econômicos do problema como: disponibilidade do reagente, volume de lodo resultante, tipo de equipamento, etc. Em geral, a eficiência da redução de cromo aumenta com a redução do pH. Com certos agentes redutores, a redução cromato pode ser verificada sob condições alcalinas. Em cada caso específico, devem ser levadas em conta as considerações técnicas e econômicas. As quantidades teóricas de reagentes químicos usadas e lodo produzido são dados abaixo.

Usando sulfato ferroso:

1 mg/L de Cr necessita de 16,3 mg/L de  $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$

1 mg/L de Cr necessita de 6,01 mg/L de ácido sulfúrico ( 66°Bé)

1 mg/L de Cr necessita de 9,48 mg/L de cal (90%) para precipitação de ambos os sulfatos metálicos.

Lodo:

1 mg/L de  $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$ , produz 0,38 mg/L de  $\text{Fe}(\text{OH})_3$

1 mg/L de  $\text{Ca}(\text{OH})_2$ , produz 1,84 mg/L  $\text{CaSO}_4$  (nem tudo é lodo)

1 mg/L de cromo ( como Cr) produz 1,98 mg/L de  $\text{Cr}(\text{OH})_3$ .

Usando metabissulfito de sódio:

1 mg/L de Cr necessita de 2,81 mg/L de metabissulfito de sódio ( 97,5%).

1 mg/L de Cr necessita de 1,52 mg/l de ácido sulfúrico ( 66° Bé );

1 mg/L de Cr necessita de 2,38 mg/L de cal ( 90%);

1 mg/L  $\text{Ca}(\text{OH})_2$ , produz 1,84 mg/L de  $\text{CaSO}_4$  ( nem tudo é lodo );

1 mg/L de cromo ( como Cr ), produz 1,98 mg/L de  $\text{Cr}(\text{OH})_3$ .

Hoje existem novas tecnologias disponíveis no mercado visando a redução do volume de cromo no tratamento e reutilização dos mesmos no processo produtivo, tais como: eletrodialise e troca iônica.

### 3.5.2. Quebra de emulsão

Separadores por gravidade, baseados nos princípios de sedimentação, não separam os óleos emulsionados dos despejos. Na verdade, a presença de óleos emulsionados pode atrasar sua recuperação. Contudo, as emulsões oleosas poderão ser coletadas separadamente, tão perto das fontes quanto possível e tratadas por métodos de quebra de emulsão para obter-se a coalescência das gotas de óleo. Após a coalescência, os óleos nos despejos são suscetíveis de serem separados pelos métodos de gravidade diferencial.

A indústria petrolífera emprega a palavra “emulsão” com muita facilidade, incluindo misturas estáveis de óleo e água, de densidade aproximadamente iguais. As emulsões verdadeiras ou emulsões água-óleo, consistem de minúsculas gotas de óleo completamente dispersas na água e que permanecem em suspensão estável por meio de álcalis ou outros agentes químicos emulsionantes; elas são turvas, de cor cinza pérola ou mais escura. Esse tipo de emulsão é comum, nos despejos das refinarias de petróleo, despejos das fábricas de gás e efluentes de outras indústrias. Menos comum, mas mais importantes, são as emulsões óleo-água, onde o óleo é a parte contínua e a água existe em minúsculas gotas. As emulsões óleo-água existem, por exemplo, no fundo dos tanques de armazenagem de produtos petrolíferos. As emulsões óleo-água podem existir menos na ausência de qualquer agente químico emulsionante e são estáveis devido ou a alta viscosidade do óleo ou porque os pesos específicos do óleo e água são aproximadamente iguais. Tais misturas são instáveis e podem ser quebradas por estagnação prolongada ou por diminuição da viscosidade do óleo. No caso dos pesos específicos serem exatamente iguais, as minúsculas gotas não se sedimentarão, mesmo após a coalescência.

Muitas técnicas têm sido empregadas para quebrar as emulsões dos efluentes das indústrias. A escolha da que deve ser usada para qualquer despejo em particular deverá ser baseada nos experimentos de laboratório e levando em consideração os custos correlatos. A aplicação de calor geralmente ajuda, porque reduz a viscosidade, acelera as taxas de sedimentação e provoca trocas físicas e químicas nos sistema coloidal. A destilação tem sido empregada em algumas emulsões particularmente resistentes. O ajuste do pH pode alterar as cargas superficiais e permitir a sedimentação; o mesmo resultado pode, as vezes, ser obtido pela aeração ou coagulação química. A centrifugação é um método para aumentar as forças de sedimentação e pode ser empregada só ou junto com calor ou adição de produtos químicos. A filtração com terra diatomácea ou outro elemento auxiliar de filtração é, normalmente, uma técnica funcional. Contudo duas técnicas completamente distintas na manipulação de despejos com óleos emulsionados são freqüentemente empregadas. Uma, é por meio de equipamento de flotação e aeração, instalado no centro do sistema de distribuição de óleos solúveis, para manter os óleos em condições de serem reusados por muito tempo. A segunda técnica consiste no emprego de reagentes químicos para quebrar as emulsões oleosas e destruir os agentes emulsionantes. O óleo sobe para a superfície, porém, pequena parte fica agregada aos agentes químicos sendo removida por sedimentação (BRAILE e CAVALCANTI, 1993).

### 3.5.3. Coagulação-floculação

Para diminuir o nível de poluentes, este tratamento deve ser efetuado antes do tratamento biológico. A maior parte dos estudos realizados nesta área foca essencialmente técnicas de coagulação/floculação usando cloreto férrico ou sulfato de alumínio e polieletrólitos. No final da fase de tratamento físico-químico, poder-se-á atingir uma remoção de cerca de 80 a 90% dos poluentes, incluindo a DQO e a DBO<sub>5</sub>, óleos e graxas, sólidos suspensos e tensoativos aniônicos (CECEN, 1992).

A coagulação e/ou floculação são processos físico-químicos que fazem com que as partículas coloidais sejam agregadas, provocando a aglomeração das impurezas suspensas, facilitando a sua remoção.

Segundo RAVINA (1993), os termos coagulação e floculação têm sido usados muitas vezes de forma errônea e ambígua, portanto devem ser distinguidos:

- Coagulação: Corresponde à desestabilização da dispersão coloidal, devido à compressão ou redução da dupla camada elétrica. Aplica-se também este termo à desestabilização pela adição de eletrólitos hidrolisáveis, tais como Fe<sup>3+</sup> ou Al<sup>3+</sup>.

- Floculação - agregação das partículas coloidais através do uso de polímeros orgânicos de alto peso molecular; em muitos casos esta etapa é realizada após a coagulação para proporcionar agregados ainda maiores aos obtidos na coagulação.

- Agregação - termo geral empregado para desestabilização de sistemas coloidais.

- Heteroagregação - corresponde ao uso de agente coagulante juntamente com uma outra substância suspensa no meio aquoso, a fim de conciliar em uma única etapa, as funções de remoção de sólidos suspensos com a adsorção de substâncias solúveis.

A coagulação e floculação são sensíveis a diversas variáveis, por exemplo, a natureza da substância produtoras da turbidez e da cor, tipo e dosagem do coagulante, pH da água, tipo e concentração de componentes solúveis, temperatura, entre outros.

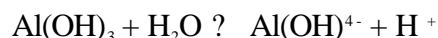
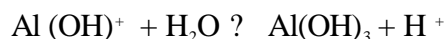
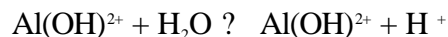
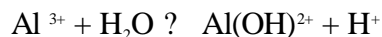
Das diversas variáveis que podem ser controladas, o ajuste do pH é o mais importante. Geralmente, os tipos de coagulante e auxiliares de coagulação a serem usados são definidos em laboratório, considerando a qualidade final da água e particularidades de cada situação. Evidentemente, as dosagens dessas substâncias podem ser reguladas para atender as mudanças na qualidade da água bruta. Também a floculação mecânica pode ser ajustada variando-se a velocidade das pás dos floculadores.

Os testes de coagulação/floculação são extensivamente usados para determinar as dosagens químicas ótimas no tratamento. A interpretação dos resultados envolve observações visuais e químicas do efluente tratado.

O sulfato de alumínio (Al<sub>2</sub>(SO<sub>4</sub>)<sub>3</sub>) é o reagente mais utilizado entre os coagulantes. Entretanto, os sais de ferro como cloreto férrico (FeCl<sub>3</sub>) e o sulfato férrico (Fe<sub>2</sub>(SO<sub>4</sub>)<sub>3</sub>) também são bastante empregados. A hidrólise do íon de alumínio

em solução é complexa.

A coagulação com alumínio é, geralmente, efetiva na faixa de pH entre 5,5 a 8,0. As reações de hidrólise do alumínio são:



A adição de sais de alumínio diminui significativamente o pH do meio, necessitando um posterior ajuste até se atingir o valor de pH desejado. Os agentes reguladores de pH mais empregados são o hidróxido de sódio (NaOH) e o hidróxido de cálcio (Ca(OH)<sub>2</sub>).

Muitas vezes, os coágulos formados através da adição de sais hidrolisáveis de alumínio e ferro apresentam velocidades de sedimentação muito baixas, sendo necessária a aplicação de um agente auxiliar de agregação, geralmente os polímeros floculantes.

Os polímeros floculantes são macromoléculas orgânicas de cadeias longas que contém, ou não, grupos ionizados. São classificados de acordo com a natureza química em naturais ou sintéticos. Podem ser catiônicos (carga positiva), aniônicos (carga negativa), não-iônicos (sem carga) ou anfotéricos (carga positiva e negativa).

Mesmo sendo as partículas geralmente carregadas negativamente, em alguns casos polímeros aniônicos são eficientes para flocular partículas negativas, apesar da carga de mesmo sinal. A maioria dos floculantes aniônicos sintéticos é baseada em poliácridamida que se hidrolisam convertendo os grupos amida em grupos de ácido acrílico que, em pH neutro, são ionizados formando grupos carboxilados durante o processo de coagulação.

Após a coagulação/floculação é necessária a separação das partículas agregadas do meio líquido. A sedimentação, ou decantação, é o processo de separação sólido-líquido geralmente empregado nos sistemas primários de tratamento de efluentes industriais (METCALFI e EDDY, 1981).

#### 3.5.4. Adsorção em carvão ativado

Adsorção é um processo de separação baseado na adesão de uma substância presente em uma fase em outra (WEBER, 1972).

Vários materiais adsorventes encontram-se disponíveis no mercado para fins de tratamento de efluentes, incluindo carvão ativado (o mais largamente empregado), resinas de troca iônica, minerais industriais, biomassas alternativas, entre outros.

O carvão ativado, ou carbono ativado, é uma forma amorfa de carbono especificamente tratada para aumentar significativamente as suas propriedades de adsorção. Pode ser fabricado a partir de um grande número de matérias-primas que incluem madeiras, cascas de coco, carvão mineral, caroços de frutas, resíduos de petróleo, e outros. As partículas de carvão são altamente porosas, sendo constituídas por macroporos de diâmetros entre 500 a 2000 Å, poros de tamanho intermediário ou mesoporos de diâmetros entre 100 a 500 Å e microporos com diâmetro entre 10 a 100 Å. O carvão ativado é fornecido em duas formas físicas, pulverizado ou granulado (TCHOBANOGLIOUS et al, 2003).

A técnica do carvão ativado é muito utilizada para a remoção de contaminantes de correntes líquidas ou gasosas sendo geralmente empregadas na remoção de compostos orgânicos em uma etapa de remediação após o tratamento biológico. O processo é considerado não específico, sendo, por este motivo, utilizado em tratamentos de amplo espectro. Algumas das classes orgânicas que são absorvidas por carvão ativado são apresentadas na Tabela 2 (TCHOBANOGLIOUS et al, 2003).

O processo de adsorção é distinto quando aplicado o carvão ativado na forma de pó ou granulada. O carvão ativado granulado é comumente aplicado em reatores de recheio completo ou reatores de leito fluidizado. Os carvões ativados granulados são somente eficientes para solutos com baixo peso molecular, capazes de penetrar nos poros, perdendo grandemente a sua capacidade de adsorção para solutos maiores. Os carvões ativados em pó são aplicados através de sua dispersão no efluente, necessitando de uma etapa posterior de separação sólido-líquido (TCHOBANOGLIOUS et al, 2003).

Muitas vezes, quando existe um tratamento preliminar por coagulação/floculação, o emprego da técnica heteroagregação pode acumular em uma etapa só de separação sólido-líquido, os processos de adsorção/coagulação/floculação. Uma outra alternativa para integrar e tornar mais eficiente processo de adsorção em carvão ativado e separação sólido-líquido em reatores de leito fluidizado foi desenvolvido por SERPA et al, 2004, que através da floculação do carvão ativado em pó, permitiu velocidades de sedimentação e resistência mecânica dos flocos suficientes para permitir o seu uso em reatores de leito fluidizado.

Tabela 2. Classe orgânicas adsorvidas por carvão ativado (TCHOBANOGLIOUS et al, 2003).

Classes orgânicas	Compostos
Solventes aromáticos	Benzeno, tolueno, xileno
Aromáticos polinucleares	Naftaleno, bifenilas
Aromáticos clorados	Clorobenzeno, PCBs, DDT, aldrin, endrin
Fenólicos	Fenol, cresol, resorcinol

Aminas alifáticas e aromáticas de alto peso molecular	
Surfactantes	Sulfonatos de alquil benzeno
Corantes Orgânicos solúveis	Azul de metileno, corantes têxteis
Combustíveis	Gasolina, querosene, óleos
Solventes clorados	Tetracloroeto de carbono, percloroetileno
Ácidos alifáticos e aromáticos	Ácidos benzóicos

### 3.5.5. Tratamento do lodo

A produção e os processos de estabilização do lodo são realizados em meio líquido e geram um material de alto teor de umidade, tornando importante a remoção de umidade caso haja necessidade de qualquer operação subsequente (NUNES, 2001).

Os leitos de secagem são tanques projetados e construídos de modo a receber o lodo proveniente do processo de digestão (ou de unidades de oxidação) e submete-lo a um processo de secagem natural. Geralmente têm forma retangular e seu processo compreende basicamente mecanismos de drenagem e evaporação da água liberada pelo lodo (NUNES, 2001).

Apesar da lógica de funcionamento deste tipo de dispositivo ser muito simples, os leitos de secagem possuem uma estrutura bem detalhada. Pode-se caracterizar o mecanismo de funcionamento dos leitos de secagem em tanques de armazenamento, camada drenante, camada suporte, meio filtrante e sistema de drenagem.

O funcionamento dos leitos de secagem é baseado em um processo natural de perda de umidade, que se dá segundo os seguintes fenômenos: liberação de gases dissolvidos; liquefação devido à diferença do peso; evaporação natural; evaporação devido ao calor do lodo.

O processo de diminuição de umidade pelo sistema de leito de secagem é relativamente lento. A experiência prática mostra que lodos lançados nos leitos de secagem com uma umidade em torno de 95% atinge valores da ordem de 50% após 20 dias de secagem em condições ótimas.

As condições de operação dos leitos de secagem são as seguintes:

- ? remoção do lodo com umidade em torno de 70%;
- ? não descarregar lodo em leito ainda ocupado;
- ? remoção periódica das vegetações;

- ? para casos de leitos constituídos de camada superficial de areia, recompor e nivelar esta convenientemente;
- ? para leitos de tijolos, deve ser varrida toda a areia, limpar as juntas dos tijolos e recolocada a areia nas falhas;
- ? manter o leito limpo sem utilização durante pelo menos três dias ensolarados.

Outra alternativa utilizada para reduzir o volume de lodo é o filtro prensa de placas. Este equipamento surgiu inicialmente para atender a indústria de açúcar na separação dos sucos através das telas de filtração. A primeira unidade para desidratação de lodo municipal em larga escala nos Estados Unidos surgiu no começo da década de 1920.

Em termos de utilização no tratamento de esgotos, os filtros prensa são mais populares na Europa do que nos Estados Unidos, onde o que predominam são as centrífugas. Na Europa a proibição de lançamento de lodo no mar fez com que os países procurassem outras alternativas para a disposição final, sendo interessante para isso uma redução dos volumes gerados. No caso da alternativa de disposição final ser um aterro, os órgãos receptores (municipal, estadual ou particular) têm exigido teores de sólidos de pelo menos 35 ou até 40%.

O funcionamento deste equipamento baseia-se principalmente na pressão gerada na bomba de alimentação de lodo que provoca a força necessária para o trabalho no filtro prensa. Novos avanços têm sido propostos para o aperfeiçoamento do filtro prensa, tais como: novos materiais das placas para resistir à corrosão, utilização da membrana diafragma para filtração em volume variável, lavagem automatizada das lonas de filtração.

Em relação aos outros equipamentos de desaguamento apresenta certas vantagens listadas na Tabela 3.

Tabela 3. Vantagens e desvantagens do filtro prensa (NUNES, 2001).

<b>Vantagens</b>	<b>Desvantagens</b>
Maior concentração de sólidos em comparação com os outros equipamentos.	Operação em batelada.
Filtrado com baixas concentrações de sólidos suspensos.	Alto investimento inicial.
	Alto custo de mão de obra.
	Necessidade de uma estrutura especial de suporte.
	Grande área de implantação.
	Necessidade de pessoal de manutenção qualificado.



### 3.5.6. Lagoa aerada facultativa

Na lagoa aerada facultativa o sistema predominante é aeróbio, (e de dimensões ainda mais reduzidas). A principal diferença com relação à lagoa facultativa convencional é quanto à forma de suprimento de oxigênio. Enquanto na lagoa facultativa o oxigênio é advindo principalmente da fotossíntese, no caso da lagoa aerada, facultativa o oxigênio é obtido através de equipamentos denominados aeradores.

Os aeradores mecânicos mais comumente utilizados em lagoas aeradas são unidades de eixo vertical que, ao rodarem em alta velocidade, causam um grande turbilhonamento na água. Este turbilhonamento propicia a penetração do oxigênio atmosférico na massa líquida, onde ele se dissolve. Com isto, consegue-se uma maior introdução de oxigênio, comparada à lagoa facultativa convencional, permitindo que a decomposição da matéria orgânica se dê mais rapidamente. Em decorrência, o tempo de detenção na lagoa pode ser menor (da ordem de 5 a 10 dias), ou seja, o requisito de área é bem inferior.

A lagoa é denominada facultativa pelo fato do nível de energia introduzido pelos aeradores ser suficiente apenas para oxigenação, mas não para manter os sólidos em suspensão na massa líquida. Desta forma, os sólidos tendem a sedimentar e constituir a camada de lodo de fundo, a ser decomposta anaerobiamente. Apenas a DBO solúvel e finamente particulada permanece na massa líquida, vindo a sofrer decomposição aeróbia. A lagoa se comporta, portanto, como uma lagoa facultativa convencional (VON SPERLING, 1996).

### 3.5.7. Parâmetros de qualidade para emissão de efluentes

A qualidade dos efluentes pode ser representada através de diversos parâmetros, que traduzem as suas principais características físicas, químicas e biológicas. Os itens seguintes descrevem os parâmetros exigidos pelo órgão ambiental para uma indústria metal mecânica com galvanoplastia e pintura (VON SPERLING, 1996; APHA, 1995).

**Temperatura (°C):** A temperatura é um parâmetro físico de vital importância, pois influencia as velocidades de reações químicas e bioquímicas, tendo influência na flora e fauna e na mudança de parâmetros de qualidade da água, como por exemplo, na concentração de saturação de oxigênio dissolvido (a água a 0° C contém uma concentração de 14 mg/L de oxigênio enquanto que a 20° C contém uma concentração 9 mg/L e a 35° C, menos de 7 mg/L); na desoxigenação e decomposição de matéria orgânica, na densidade e viscosidade da água; na fotossíntese, na estratificação térmica, na redução de bactérias, e no tratamento de água e esgoto.

A medição de temperatura é simples, podendo ser feita em termômetros de uso comum.

Método de análise: Termômetro – Standard N° 2550 B

**Cor:** A água pura é incolor, porém devido a presença de substâncias dissolvidas e coloidais, resultante do seu contato com resíduos orgânicos e extratos vegetais, adquire cor.

Na água, a cor pode ser de origem mineral ou vegetal, causadas por substâncias metálicas como ferro ou manganês, matérias húmicas ( folhas, turfas), taninos, algas, plantas aquáticas e protozoários.

A cor da água pode ser classificada em:

Cor\_aparente: é a cor causada por matéria em suspensão. Parte da cor aparente pode ser removida por coagulação-floculação-sedimentação.

Cor\_verdadeira: é a cor devida aos extratos vegetais ou orgânicos que são coloidais. É difícil de ser removida por processos convencionais de tratamento.

Em análise de águas é muito importante a diferenciação da cor aparente da cor verdadeira. As partículas que causam cor são muito pequenas, são hidrofílicas e apresentam-se em maior quantidade à medida que o pH aumenta.

**Método de análise:** Método Platina-Cobalto

**Sólidos Suspensos (SS):** Corresponde à fração de sólidos que fica retida em filtro padrão. Consiste no material suspenso orgânico, inorgânico e coloidal não dissolvido.

**Método de análise:** Gravimétrico – Standard N° 2540D.

**Sólidos Sedimentáveis:** É a quantidade de material que sedimenta ou flutua sob determinadas condições, constituído por resíduos industriais, águas residuárias, matéria orgânica, entre outros. . A determinação é feita através da leitura de um cone de sedimentação (Cone de Imhoff) em mL/L/h. – Padrão de emissão: = 1,0 mL/L em teste de uma hora.

**Método de análise:** Imhoff – Standard N° 2540F.

**pH** – Potencial de Hidrogênio: Expressa a concentração de íons de hidrogênio de uma solução em termos de seu log negativo:

$$\text{pH} = -\log \text{H}^+ \quad \text{ou} \quad \text{pH} = \log 1/\text{H}^+$$

Em água pura existe uma quantidade, embora pequena, de íons de  $\text{H}^+$  e  $\text{OH}^-$  em equilíbrio com as moléculas de água. Estes íons são formados pela dissociação da água. A água pura a  $25^\circ \text{C}$  contém concentração idêntica de  $10^{-7} \text{M}$  de íons de  $\text{H}^+$  e  $\text{OH}^-$ , quando isto ocorre numa solução, ela é considerada neutra, e seu  $\text{pH} = 7$ .

Quando um ácido é adicionado à água, a concentração de íon hidrogênio aumenta, resultando em um pH menor. Ao contrário, quando uma substância alcalina é adicionada, os íons  $\text{OH}^-$  se unem aos íons  $\text{H}^+$  livres, diminuindo a concentração do

íon hidrogênio, causando um pH menor.

Método de análise: Potenciométrico – ABNT NBR 14339.

**Óleos e graxas:** Os óleos e graxas são traço característico de esgotos domésticos e industriais caracterizando-se como substâncias flotantes de fácil dispersão nas águas. Os óleos e graxas vegetais ou animais estão sempre presente no esgoto doméstico proveniente do uso da manteiga, óleos vegetais, da carne em cozinhas. Os óleos e graxas minerais são provenientes de oficinas, postos de lubrificação e lavagem de veículos (geralmente dispostos em redes de esgoto pluvial por falta de sistema de separação e coleta ou por ineficiência deste) ou de processos industriais, bem como das próprias pistas de rolamento ou estacionamento de veículos.

Método de análise: Extração com Hexano – Standard N° 5520D.

**Metais pesados:** A presença de metais pesados na água pode apresentar efeitos perigosamente tóxicos. Alguns metais são essenciais, como por exemplo, o cobre. Outros podem afetar adversamente os consumidores, como o chumbo, o cádmio, o mercúrio e o cromo. Alguns metais podem ser benéficos ou tóxicos, dependendo da concentração em que se encontram, como, por exemplo, ferro, manganês e zinco.

Método de análise: Espectroscopia de Absorção atômica.

**DQO – Demanda Química de Oxigênio** – O teste de DQO é muito empregado como meio de medir o grau de poluição de despejos domésticos e industriais. Permite avaliar o efluente em termos de quantidade total de oxigênio requerido para a oxidação completa (até  $\text{CO}_2$  e  $\text{H}_2\text{O}$ ) de toda matéria (biodegradável, pouco biodegradável e não biodegradável). Como resultado, os valores de DQO são maiores ou no máximo iguais aos de DBO e podem ser muito maiores quando quantidades significantes de materiais orgânicos estão presentes. Desta forma a diferença entre DBO e DQO constitui uma indicação das matérias orgânicas pouco ou não biodegradáveis. O teste de DQO é baseado no fato de que todos os compostos orgânicos são com poucas exceções, podem ser oxidados por ação de agentes oxidantes fortes sob condições ácidas.

Método de análise: Refluxo com Dicromato – Standard N° 5220B.

**Fósforo:** Os fosfato especialmente os ortofosfatos são as formas de fósforo mais comumente encontradas nas águas naturais, sendo a forma mais oxidada.

Os fosfatos essenciais para todas as formas de vida e são consideradas os nutrientes mais facilmente controláveis para limitar o crescimento de plantas objetáveis. As evidências da influência dos fosfatos na água, indicam:

- Altas concentrações de fosfatos estão associados com a eutrofização da água, provocando o desenvolvimento de

algas ou outras plantas aquáticas indesejáveis;

- Que o crescimento destas plantas aquáticas se desenvolvam em reservatórios ou em águas paradas;

- A concentração inicial de fosfatos, que estimula o desenvolvimento de plantas nocivas, varia com outras características de qualidade de água, podendo, assim, produzir crescimento numa determinada área geográfica, mas não em outra.

Método de análise: Ácido Ascórbico – Standard 4500 PE.

## **4.EXPERIMENTAL**

### **4.1.Descritivo da estação de tratamento dos efluentes**

As últimas adequações realizadas na ETE resultaram de um projeto técnico elaborado em dezembro de 1998, que considerava uma vazão de efluentes brutos entre 19 e 24 m<sup>3</sup> diários. Naquela situação, o efluente da lavagem e cabines de pintura respondiam por 5 m<sup>3</sup> descartados a cada 15 dias, segundo as informações de projeto.

Atualmente são direcionados para a ETE aproximadamente 45 m<sup>3</sup> de efluentes provenientes diariamente das águas de enxágüe da cabine de pintura. Adicionalmente, uma vez por semana, são trocadas as águas de enxágüe, gerando cerca de 5 m<sup>3</sup> de efluente bruto concentrado. Além disso, uma vez por mês, somam-se aproximadamente 8 m<sup>3</sup> da troca dos tanques de desengraxante e fosfatizante.

A situação de sobrecarga da estação é evidente, ocasionando problemas operacionais e dificultando a manutenção dos parâmetros analisados dentro dos limites permitidos por lei. Na Figura 14 temos uma visão geral da estação de tratamento de efluentes.



Figura 14. Foto geral da Estação de Tratamento de Efluentes

A estação de tratamento dos efluentes líquidos é composto por várias etapas de tratamento, conforme Figura 15, sendo:

1e 2. Tanque de acumulação.

3 e 4. Tanques de quebra de emulsão.

5 e 6. Tanques de redução do cromo.

7 e 8 . Tanques de acúmulo de óleo.

9. Tanque de cal.

10. Tanque de polissulfato de alumínio.

11. Tanque de polieletrólito.

12. Tanque de equalização.

13 e 14. Decantadores.

15 e 16. Adensadores de lodo.

17. Leitões de secagem.

18. Lagoa aerada facultativa.

19. Filtro prensa.

20. Filtro de carvão ativado após o tratamento primário.

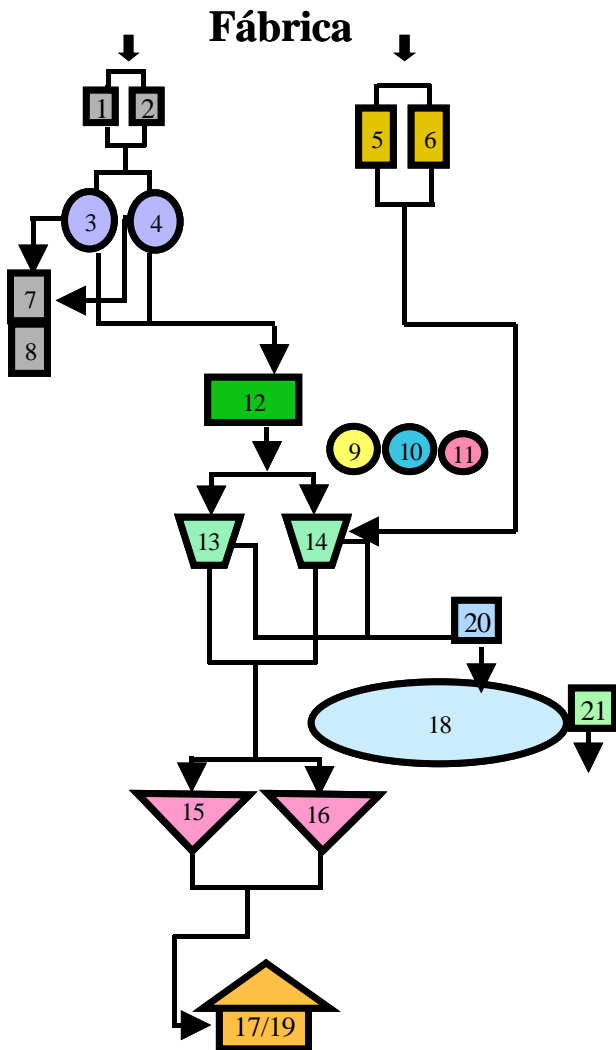


Figura 15. Fluxograma da Estação de Tratamento de Efluentes

### 1. Tanque de acumulação

Todos os despejos gerados no processo fabril são encaminhados para o tanque de acumulação, exceto os efluentes oriundos da cromagem de comandos e válvulas e cilindros e pintura da unidade de cilindros hidráulicos.

Os óleos e graxas flotados naturalmente na unidade, devido a sua menor densidade, são retirados continuamente por um sistema mecânico denominado “Oil Skimmer”, diminuindo a concentração de óleos e graxas encaminhados para o tanque de quebra de emulsão. O “Oil Skimmer” permanece acionado durante 24 horas. Os óleos retirados são armazenados nos tanques de acúmulo para serem vendidos a recicladores. O volume total do tanque de acumulação é de 14 m<sup>3</sup>.

Através do recalque, os despejos contendo óleos emulsionados são destinados a dois tanques de quebra de emulsão.



Figura 16. Tanque de acumulação.

## 2. Tanques de quebra de emulsão

A quebra de emulsão é realizada em dois tanques com volume útil de 13,7 m<sup>3</sup> cada. O tratamento é intercalado entre os dois tanques, a fim de proporcionar maior tempo de ação dos produtos químicos para auxiliar a quebra química dos óleos. Deixa-se agitando o efluente com o produto químico por aproximadamente duas horas e posteriormente desliga-se a agitação e deixa-se o efluente em repouso por aproximadamente oito horas, a fim de que o óleo fique no sobrenadante. O óleo é retirado por meio de raspadores e direcionado para o tanque de acúmulo de óleo para posterior venda a recicladores. Já o efluente é descarregado para o tanque de equalização. Este processo foi realizado primeiramente com o processo convencional e após com ajuda do produto Aquafil Q 70 da empresa Klintex.



Figura 17. Tanque de quebra de emulsão.

### 3. Tanque de redução do cromo

Os despejos gerados na cromagem são direcionados para dois tanques de redução de cromo. Cada tanque de redução de cromo possui 22 m<sup>3</sup> de volume útil. Nestes tanques é realizada a redução do cromo VI para cromo III, o qual consiste no ajuste de pH e redução do cromo com metabissulfito de sódio até a viragem de cor alaranjada para esverdeada em presença de agitação com ar. O ar é fornecido por sopradores de ar. Completada a redução, o efluente é bombeado para um dois decantadores onde se realiza por batelada o tratamento primário deste efluente.



Figura 18. Tanques de redução do cromo.

### 4. Tanque de equalização

Do tanque de quebra de emulsão os efluentes são descarregados para o tanque de equalização onde se realiza a homogeneização do efluente proveniente da quebra de emulsão e os efluentes oriundos dos sistemas de pintura. O tanque de equalização é provido de agitação através de ar comprimido proveniente dos sopradores, com a finalidade dupla de não permitir a decantação dos sólidos nesta unidade e ao mesmo tempo reduzir parte da DQO, via oxidação dos metais presentes. O volume útil do tanque é de 77 m<sup>3</sup>.



Depois de equalizados os despejos, bombea-se para os decantadores onde realiza-se o tratamento primário.

Figura 19. Tanque de equalização.

## 5. Decantadores

O sistema de tratamento é composto por dois decantadores onde se realiza o tratamento primário por bateladas. O volume útil de cada decantador é de 12 m<sup>3</sup>. Em cada batelada adiciona-se cal para ajuste do pH, polissulfato de alumínio e polieletrólito.

Programa-se as bateladas nos decantadores a fim de atender os efluentes do tanque de equalização e os da redução do cromo. Após completa decantação do resíduo em suspensão, retira-se a parte superior, composto por efluente clarificado, e bombea-se para o filtro de carvão ativado. A parte inferior, composto por material sólido, é descarregada para os adensadores de lodo.



Figura 20. Decantador

## 6. Filtros de carvão ativado

Os filtros de carvão ativado são preenchidos com carvão ativado vegetal granulado, denominado Aquafil C3 da empresa Klintex e o efluente passa por este processo a fim de evitar que algum material particulado que ainda esteja com o efluente possa ser removido.



---

Figura 21. Filtros de carvão ativado. Esquerda: Filtro após o tratamento primário. Direita: Filtro após o tratamento secundário

## 7. Lagoa aerada facultativa

O tratamento secundário é realizado por uma lagoa aerada facultativa com volume útil de 500 m<sup>3</sup>. Nesta lagoa atualmente possuem dois aeradores de modelo flutuante.



Figura 22. Lagoa aerada facultativa.

## 8. Adensadores de lodo, filtro prensa e leitos de secagem

O lodo formado nos decantadores através do tratamento primário é bombeado para os adensadores de lodo, onde nestes concentra-se o volume de lodo para posterior filtragem e prensagem no filtro prensa. O volume útil de cada adensador de lodo é 8,6 m<sup>3</sup>. Caso ocorra algum problema de manutenção no filtro prensa o lodo é direcionado para o leito de secagem até que a manutenção seja realizada. O excesso de efluente líquido formado nos adensadores e liberado na prensagem do lodo é direcionado para o tanque de equalização.



Figura 23. Adensadores, filtro-prensa e leito de secagem.

#### 4.2. Legislação a ser obedecida

A Parker Hannifin Industria e Comércio Ltda com licença de operação, LO N° 3828/2004-DL, pertence ao sistema de automonitoramento dos efluentes líquidos industriais – SISAUTO, na classe B, devendo realizar medições e análises de seus efluentes líquidos conforme Tabela 4 e encaminhar os resultados com a periodicidade semestral. A vazão máxima permitida para o lançamento do efluente industrial é 48 m<sup>3</sup>/dia. Quanto aos resíduos sólidos a empresa pertence ao sistema de gerenciamento e controle de resíduos sólidos industriais – SIGECORS, devendo encaminhar planilhas com a periodicidade trimestral. Também a empresa deve obedecer o artigo 12 do decreto Estadual n° 38.356 de 01/04/98, referente ao manifesto de transporte de resíduos, conforme portaria FEPAM n° 47-95/98.

Tabela 4. Parâmetros de qualidade do efluente.

Parâmetros	Padrão de emissão a ser atendido	Frequência de medição	Tipo de amostragem
Temperatura	Inferior a 40° C	Diária	simples
Sól. sedimentáveis	Até 1 mL/L, em teste de 1 hora em cone Imhoff	Trimestral	Simples
Sól. suspensos	Até 180 mg/L	Trimestral	Simples
pH	Entre 6,0 a 8,5	Diário	Simples
DQO	Até 405 mg/L	Semanal	Simples
Óleos e graxas	Até 10 mg/l	Trimestral	Simples
Fósforo total	Até 1,0 mg/L	Mensal	Simples
Alumínio	Até 10 mg/L	Mensal	Simples
Estanho	Até 4,0 mg/l	Mensal	Simples
Ferro	Até 10 mg/L	Mensal	Simples
Cromo total	Até 0,45 mg/L	Semanal	Simples
Níquel	Até 0,90 mg/LO	Semanal	Simples

### 4.3. Levantamento dos pontos de melhoria

Um levantamento sobre possíveis pontos de melhoria foi realizado com o intuito de verificar possibilidades de redução de carga orgânica no efluente final. Esse levantamento foi realizado dentro do processo produtivo, assim como na planta de tratamento de efluentes.

Com a redução ou minimização dos produtos químicos presentes no processo produtivo, pode-se minimizar a carga na estação de tratamento de efluentes, prevenindo a poluição. A redução em volume, concentração e/ou toxicidade dos resíduos na fonte são práticas consideradas ambientalmente corretas, conhecidas como tecnologias mais limpas.

Na planta de tratamento de efluentes pesquisou-se alternativas de melhoria que enquadrariam o efluente dentro do especificado pelo órgão ambiental. O importante é que se tenha uma solução rápida e com o menor custo possível.

Como uma das fontes de grande carga de poluente passa pela quebra de emulsão, pesquisou-se alternativas que diminuíssem a carga orgânica e óleos e graxas presentes no efluente em questão, pois assim reduz-se a DQO e O&G no

---

tratamento preliminar, conseqüentemente no efluente final.

Também proporcionou-se um aumento de oxigênio na lagoa aerada, através da adição de mais um aerador, afim de proporcionar maior degradação da carga orgânica, conseqüentemente redução da DQO do efluente final.

Atrelado aos esforços de enquadrarmos a DQO dentro do estabelecido pelo órgão ambiental, instalou-se dois filtros com carvão ativado, localizados na saída do decantador e na saída lagoa aerada.

#### **4.3.1. Possibilidades de troca de matérias primas**

A possibilidade de troca de matérias-primas que acarretam em menor carga orgânica foi realizada através de uma pesquisa com os desengraxantes, óleos e reagentes de fosfatização utilizados no processo produtivo e que posteriormente são descartados para a estação de tratamento de efluentes.

Realizou-se a coleta dos reagentes diretamente na fonte geradora, ou seja, em uma das máquinas que utiliza-se o produto em questão. Os parâmetros analisados foram DQO, óleos e graxas, fósforo, cromo total e cromo VI. Aparentemente os parâmetros fósforo e cromo não são comuns de serem pesquisados nestas amostras, mas detectou-se no tanque de acumulação e quebra de emulsão a presença destes elementos.

As amostras foram analisadas no laboratório Laborquímica – Laboratório de Análises Químicas credenciado na FEPAM. Paralelamente, verificou-se também a concentração das soluções no laboratório de qualidade da empresa para verificar se os reagentes estavam na sua concentração de uso habitual, pois a concentração da solução é imprescindível, devido ao fato de que ela influencia na carga poluidora.

Esta pesquisa é importante porque além de proporcionar redução da carga poluidora, proporciona a redução do número de fornecedores, facilitando o gerenciamento dos produtos químicos utilizados e proporcionando maior poder de barganha, diminuindo os custos de insumos.



Figura 24. Tanques de máquinas e lavadoras.

#### 4.3.2. Redução da carga orgânica na etapa de quebra de emulsão

O processo de quebra de emulsão na estação de tratamento de efluentes é realizado de forma tradicional, ou seja, pela adição de ácido sulfúrico e sulfato de alumínio. Como o efluente é rico em DQO e óleos e graxas em função do processo produtivo e dos insumos utilizados no mesmo, testou-se o produto Aquafil Q 70 da empresa Klintex, com a finalidade de verificar a redução da carga poluidora em termos de DQO e óleos e graxas.

Na quebra de emulsão tradicional, adiciona-se aproximadamente  $0,7 \text{ L/m}^3$  de  $\text{H}_2\text{SO}_4$  e  $0,5\text{kg/m}^3$  de sulfato de alumínio, deixando agitar por 12 horas e após deixa-se repousar por 24 horas. Com o produto Aquafil Q 70, adicionou-se  $0,9 \text{ L/m}^3$  do mesmo e deixa-se o sistema agitar por 2 horas e repousar pelo período de 8 horas.

Foram realizadas análises do efluente referente aos parâmetros DQO e óleos e graxas nos dois processos. As análises foram coletadas antes da adição dos produtos e após a conclusão da quebra de emulsão, pois assim verificou-se a eficiência dos dois tratamentos.



Figura 25. Tanques de quebra de emulsão.

#### 4.3.3. Aquisição de aerador

A aquisição do aerador marca Bombas D'Água Beto, modelo AI-5, tipo flutuante, com transferência de oxigênio de 1,8 KgO<sub>2</sub>/KWh contribuiu para o aumento da quantidade de oxigênio na lagoa, proporcionando maior degradação da matéria orgânica, e conseqüentemente na redução da DQO.

Figura 26. Aerador na lagoa aerada facultativa.



#### 4.3.4. Filtros de carvão ativado

Sabendo que o carvão ativado tem um poder de adsorção, resolveu-se inserir no processo de tratamento de efluentes dois filtros de carvão ativado vegetal. O primeiro após o tratamento físico-químico, com a intenção de reduzir a quantidade de DQO enviado para a lagoa aerada facultativa. O segundo após a lagoa aerada facultativa com o objetivo de enquadrar o efluente dentro do especificado pela FEPAM.

O filtro de carvão ativado instalado após o tratamento primário é um filtro de piscina marca Hidrasul, com capacidade de 40 kg de carvão ativado, conforme Figura 27. O efluente passa pelo filtro com vazão de 120 L/min e após é encaminhado para lagoa aerada.

Figura 27. Filtro de carvão ativado após o tratamento físico-químico.



Com relação ao filtro após a lagoa aerada facultativa, instalou-se um filtro de fabricação “caseira”, composto por uma caixa d’água de 500 L de volume, colocando uma camada de aproximadamente 20 cm de brita e em cima desta camada uma camada de carvão ativado de aproximadamente 20 cm, conforme Figura 28. O efluente é captado da lagoa aerada com uma vazão de 100 L/min e após é filtrado no filtro em questão e lançado na rede pluvial para o corpo receptor que é o Rio Gravataí.

Figura 28: Filtro de carvão ativado após a lagoa aerada facultativa.

Para comparar a redução do índice de DQO nos dois processos propostos, coletou-se amostras da saída do decantador e após o filtro intermediário de carvão ativado e da saída da lagoa e após a passagem pelo filtro de carvão ativado no final do tratamento. As mostras foram coletadas e preservadas pelo laboratório Laborquímica.

O carvão ativado vegetal utilizado nos dois filtros mencionados é o Aquafil C3 granulado da empresa Klintex, com granulometria de 8 x 16 mm.

#### 4.4. Análises químicas

As análises químicas realizadas no efluente final, unidade de medida, metodologia e limites de detecção (LD) empregados estão descritos na tabela 5 (APHA, 1995):

Tabela 5. Ensaios, unidade de medida, metodologia e limite de detecção (APHA, 1995).

Ensaios	Unidade	Metodologia	Limite de detecção
Temperatura	° C	Termômetro	0,1
Sól. sedimentáveis	ml/L	Cone Imhoff	0,1

Sól. suspensos	mg/L	Gravimetria	0,1
pH	-----	Potenciometria Direta	1,0
D.Q.O.	mg/L O <sub>2</sub>	Dicromatometria-Refluxo Aberto	2,0
Óleos e graxas	mg/L	Gravimetria - Partição	5,0
Fósforo total	mg/L P	Espec. Abs. Mol. UV-V SnCl <sub>2</sub>	0,01
Alumínio	mg/L Al	Espectrof. de Absorção Atômica	0,1
Estanho	mg/L Sn	Espectrof. de Absorção Atômica	1,0
Ferro	mg/L Fe	Espectrof. de Absorção Atômica	0,02
Cromo total	mg/L Cr	Espectrof. de Absorção Atômica	0,02
Níquel	mg/L Ni	Espectrof. de Absorção Atômica	0,02

## 5. RESULTADOS E DISCUSSÕES

### 5.1. Caracterização do efluente

Primeiramente procurou-se caracterizar o efluente final a fim de verificar o comportamento do mesmo, conforme Tabela

6.

DATA / PARÂMETRO	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV
Ph	7,0	7,0	7,0	7,0	7,0	7,0	7,1	7,1	7,3	7,3	7,1
Sól. Suspensos (mg/L)	-----	-----	105	---	-----	49	-----	----	----	5	-----
Sól. Sedimentáveis (mg/L)	----	-----	0,2	----	----	ND	----	---	-----	ND	-----

DQO(mg/LO <sub>2</sub> )	455	1080	840	750	525	815	583	565	545	610	687
O & G (mg/L)	----	---	6	----	-----	16	----	----	----	4,3	----
Ferro (mg/L)	0,6	0,51	0,76	5,2	4,1	1	1,46	1,1	1	0,29	0,29
Alumínio (mg/L)	1,6	0,7	1,4	1,1	1,2	1,3	0,63	0,59	0,45	7,6	0,5
Cromo total (mg/LCr)	0,25	0,14	0,39	0,34	0,35	0,38	0,44	0,35	0,35	0,19	0,2
Cromo VI (mg/Cr)	0,03	ND	0,04	0,03	ND	0,02	0,01	ND	ND	0,02	ND
Níquel (mg/LNi)	0,18	0,06	0,07	ND	ND	ND	0,01	ND	ND	ND	ND
Estanho (mg/LSn)	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Fósforo total (mg/LP)	0,3	0,23	0,46	0,54	0,43	0,9	0,68	0,72	0,64	0,44	0,6
Fenóis (Mg/L)	----	----	----	---	----	0,002	0,002	----	----	---	----

Tabela 6. Resultado do efluente final no ano de 2004.

Como pode-se verificar, o maior problema está relacionado com o parâmetro DQO. Outros parâmetros, eventualmente, ultrapassaram o limite permitido, mas as análises de DQO persistem em apresentar resultados indesejáveis, caracterizando um problema a ser resolvido.

No decorrer procura-se apresentar os resultados obtidos em função das medidas tomadas no processo produtivo e na própria estação de tratamento, a fim de enquadrar o parâmetro DQO dentro do especificado pelo órgão ambiental.

## 5.2. Caracterização das principais matérias-primas

A primeira providência para a redução da carga orgânica na estação de tratamento de efluentes foi realizar um levantamento dos principais produtos utilizados no processo industrial. Consideraram-se os desengraxantes, óleos e produtos para fosfatização como insumos de maior impacto na estação de tratamento de efluentes.

A Tabela 7 apresentam as características de cinco produtos empregados no desengraxe das peças. As análises foram realizadas em termos de concentração de DQO, fósforo, óleos e graxas, cromo VI e cromo total. Com exceção do desengraxante do túnel que é mais alcalino (pois sua finalidade é remover totalmente a sujidade externa do cilindro para receber a camada de fosfato e pintura), os demais desengraxantes têm a mesma finalidade, a remoção de óleos e graxas. Assim, pode-se substituir os de maior potencial poluidor por desengraxantes ambientalmente mais favoráveis, proporcionando um menor impacto na estação de tratamento.

Tabela 7. Comparativo entre os desengraxantes utilizados no processo produtivo:

<i>Tipo</i>	<i>Uso</i>	<i>Produto</i>	<i>Concentração na solução (mg/L)</i>				
			<i>DQO</i>	<i>P</i>	<i>O&amp;G</i>	<i>Cr VI</i>	<i>Cr tot</i>
Desengraxante	Lavadora 1534 (comandos)	P3	84	N.A.	80	N.A.	0,00
Desengraxante	Lavadora 1537 (cilindros)	Parco Cleaner	2.637	658,0	120	N.A.	0,00
Desengraxante	Lavadora 4608 (cilindros)	Grisiron	15.181	18,7	512	N.A.	0,00
Desengraxante	Túnel (cilindros)	Saloclean 677	17.795	15,6	64	0,36	1,08
Desengraxante	Lavadora 4604 (cilindros)	Saloclean 628 S	16.244	23,9	359	0,13	0,29

Verifica-se através da Figura 29, que embora os desengraxantes sejam da mesma família, ou seja, com base alcalina, apresentam valores diferentes de DQO. O P3 apresenta uma DQO de 84 mg/L, o Parco Cleaner de 2637 mg/L, o Grisiron de 15181 mg/L, o Saloclean 677 de 17795 mg/L e o Saloclean 628 S de 16244 mg/L.

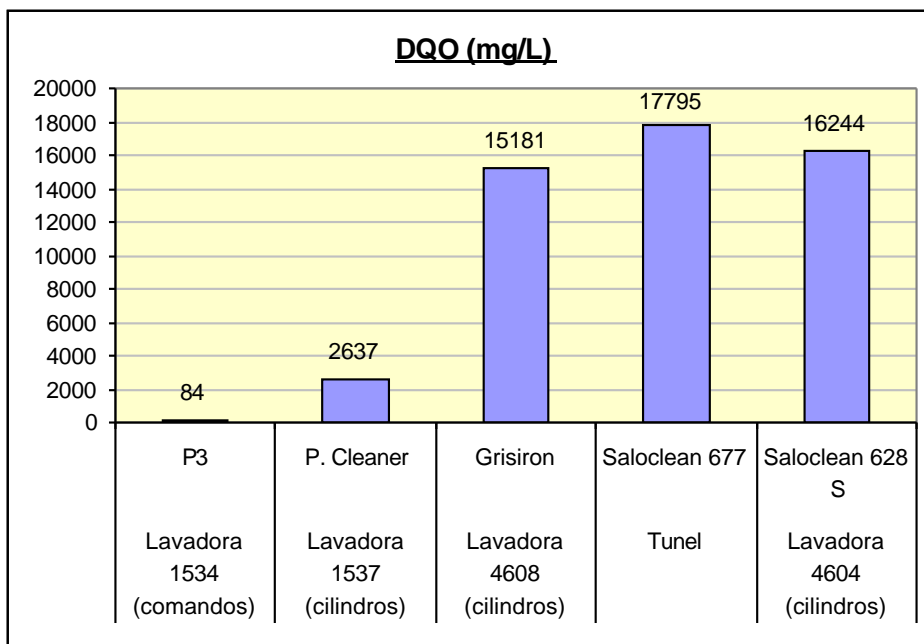


Figura 29. Concentração de DQO em mg/L dos desengraxantes utilizados no processo produtivo

Com relação ao fósforo total, o desengraxante P3 não apresenta fósforo na sua composição, enquanto que o Parco Cleaner apresenta um valor de 658 mg/L. Os demais produtos apresentaram valores da mesma ordem, o Grisiron de 18,7 mg/L, o Saloclean 677 de 15,7 mg/L e o Saloclean 628 S de 23,9 mg/L. Referente à óleos e graxas o desengraxante P3 apresenta concentração elevada para quantidade de DQO presente em sua composição, ou seja, 80 mg/L, enquanto que P. Cleaner apresenta concentração de óleo de 120 mg/L, o Grisiron de 512 mg/L, o Saloclean 677 de 64 mg/L e o Saloclean 628 S de 359 mg/L.

O cromo total e VI não deveria estar presente na composição destes produtos. Entretanto, sua presença foi detectada no Saloclean 677 e no Saloclean 628 S. Este é um problema sério na estação de tratamento de efluentes, pois estes efluentes

não sofrem o tratamento preliminar de redução do cromo.

Analisando-se de forma global, considerou-se que os desengraxantes de menor impacto na estação de tratamento de efluentes são P3 e Parco Cleaner. Para ter-se uma maior eficiência no tratamento é importante utilizar-se um dos desengraxantes citados acima, pois assim tem-se um menor índice de DQO no efluente bruto, conseqüentemente valores inferiores na DQO do efluente final.

A Tabela 8 apresentam as características de cinco óleos solúveis empregados no processo produtivo da Parker. As análises foram realizadas em termos de pH, DQO, óleos e graxas, cromo VI e cromo total.

Tabela 8. Comparativo entre os óleos solúveis utilizados no processo produtivo:

Tipo	Uso	Produto	Concentração na solução				
			pH	DQO (mg/l)	O&G (mg/l)	Cr VI (mg/l)	Cr tot (mg/l)
Óleo	Usinagem	HOCUT 795	9,0	153000	196	N.A.	0
Óleo	Usinagem	Ecocool MH 6010	9,5	43956	39	N.A.	0
Óleo	Retífica	Ecocool RE 22	9,1	50429	36	0	0
Óleo	Usinagem	Ecocool MH 2001	9,2	64371	28	0	0
Óleo	Usinagem	Unicort SS	9,5	157000	21	0	0

Estes óleos são utilizados em processos de usinagem, tais como: torneiar, furar, fresar, desbastar, mandrilar e retificar. Estas operações tem como denominador comum ferramentas de corte feitas de metal duro recobertos por titânio, aço rápido e cerâmica, exceto a retificação que utiliza-se rebolos a base de diamantes ou óxidos. Portanto os óleos utilizados são similares e pode-se tentar unificá-los em função do óleo que possui menor valor de DQO. Os óleos analisados são de características solúveis, pois os integrais são entamborados e vendidos para reciclagem, não sendo direcionados para a estação de tratamento de efluentes. Com a evolução das tecnologias empregadas nos óleos, foram substituindo-se os óleos integrais por óleos solúveis devido a redução da periculosidade aos operadores, mas dificultou-se o tratamento destas soluções.

Embora os óleos analisados possuem as mesmas características, exceto o óleo Ecocool RE 22, utilizados na retificação, a concentração de DQO presente nos mesmos é diferente. Assim como nos desengraxantes pode-se unificar os óleos utilizados no processo, diminuindo a carga poluidora na estação de tratamento, reduzindo-se o número de fornecedores. Com relação à concentração de óleos e graxas presente nos óleos constata-se que não influenciam na estação, exceto o óleo Hocut 795 que apresenta um índice de óleos e graxas elevado na sua composição. Como os óleos não apresentam cromo total e VI em sua composição, confirma-se que as concentrações encontradas no efluente bruto originam-se dos desengraxantes, conforme

---

dados da Tabela 7.

Conforme Figura 30, entre os óleos Hocut 795, Ecocool MH 6010, MH 2001, RE 22 e Unicort SS, o óleo que apresenta menor índice de DQO é o óleo Ecocool MH 6010. Portanto substitui-se os óleos de processo para o óleo em questão, a fim de reduzir-se os valores de DQO do efluente bruto. Deu-se prioridade de troca para as máquinas que possuem o óleo Hocut 795, pois este além de apresentar um valor altíssimo de DQO, também tem valor superior para óleos e graxas. Também deu-se atenção especial ao óleo Unicort SS devido ao elevado valor de DQO apresentado.



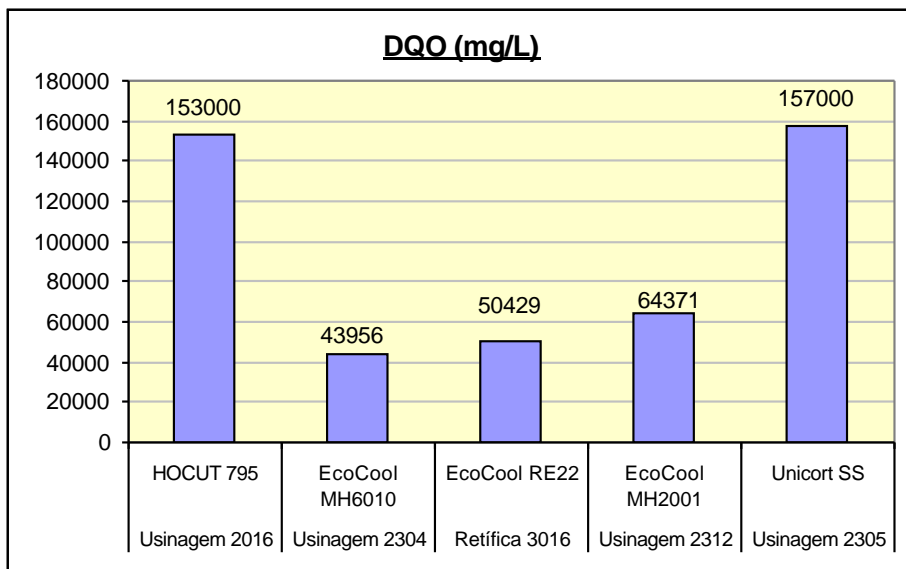


Figura 30. Comparativo entre DQO dos óleos solúveis utilizados no processo produtivo

A Tabela 9 apresenta dois produtos utilizados na linha de pintura de cilindros. As análises foram realizadas em termos de DQO, fósforo total e cromo total.

Tabela 9. Comparativo entre o fosfato de ferro e o aditivo de limpeza do túnel utilizado no processo de pintura

Tipo	Uso	Produto	Concentração na solução (mg/l)		
			DQO	P	Cr tot

Aditivo Limpeza	Tunel	ACP 01	272	12512	0,268
Fosfato de ferro	Tunel	Salofós 746	1449	2153	0

Embora os produtos analisados tenham finalidades distintas, pois o Salofós 746 é o fosfato de ferro utilizado na linha de pintura de cilindros para preparar a superfície do cilindro, garantindo maior aderência da tinta e o Aditivo ACP 01 é utilizado no túnel de pintura para limpeza geral das tubulações, bicos e tanques, os dois possuem fósforo e matéria orgânica em sua formulação.

Realizou-se esta pesquisa porque em junho o parâmetro fósforo elevou-se de 0,8 mg/L para 20 mg/L. Neste caso pesquisou-se os valores de DQO e fósforo total. Estes valores coincidiram com o descarte do banho de fosfato de ferro, mas o intrigante é que mensalmente este efluente é descartado para a estação de tratamento e até o momento não havia ocorrido a elevação do índice de fósforo. Iniciou-se a pesquisa pelos óleos e desengraxantes, mas não encontraram-se resultados que justificassem os valores encontrados. Investigando descobriu-se que haviam realizado a limpeza do túnel de pintura com o produto aditivo ACP 01 e este procedimento não tinha sido realizado anteriormente. Conforme verifica-se na Figura 31, o aditivo apresenta um altíssimo índice de fósforo comparado com o banho de fosfato de ferro. Quando for utilizado no processo deve ser acondicionado separadamente e direcionado para a estação de tratamento em dosagens paulatinas, para que não provoque carga de choque na estação, consequentemente impacto na mesma.

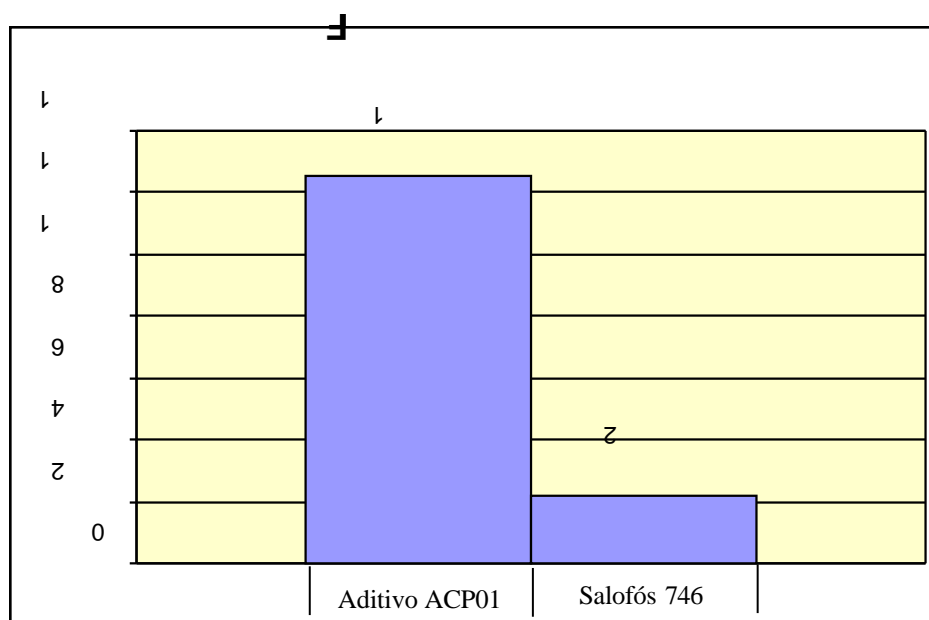


Figura 31. Comparativo entre fósforo do aditivo de limpeza e fosfato de ferro do processo produtivo

### 5.3. Substituição do sistema de quebra de emulsão

A Tabela 10 apresenta os resultados obtidos com a utilização do sistema de quebra de emulsão tradicional e o da empresa Klintex. Na quebra de emulsão tradicional adiciona-se aproximadamente 0,7 L/m<sup>3</sup> de ácido sulfúrico e 0,5 kg/m<sup>3</sup> de sulfato de alumínio, deixando-se agitar por 12 horas. Após deixa-se repousar por 24 horas para que o óleo flote. Com o produto Klintex a quebra de emulsão é realizada com a adição de 0,9 L/m<sup>3</sup> do produto Aquafil Q 70, deixando-se agitar por 2 horas e repousar por 8 horas. Assim tem-se um ganho de processo no que se refere o tempo. Iniciou-se a utilização do produto Aquafil Q 70 a partir de maio de 2005.

Tabela 10. Dados comparativos entre o tratamento convencional e o tratamento com o produto Klintex na quebra de emulsão

Parâmetros	Média efluente bruto até maio	Média tratamento convencional até maio	Média efluente bruto após maio	Média tratamento Klintex após maio
PH	8,85	6,30	9,37	6,4
DQO	12.325	8.622	15.360	7.111
Óleos e Graxas	655	585	982	189

Percebe-se através da Figura 32 que no tratamento realizado com o produto Aquafil Q70 da empresa Klintex obteve-se redução mais significativa de DQO e óleos graxas comparado com o tratamento convencional. Portanto com o produto Aquafil Q70 envia-se uma carga menor para etapa seguinte, ajudando no objetivo de enquadrar-se a DQO dentro do especificado, além de reduzir o tempo de processo no tratamento da quebra de emulsão.

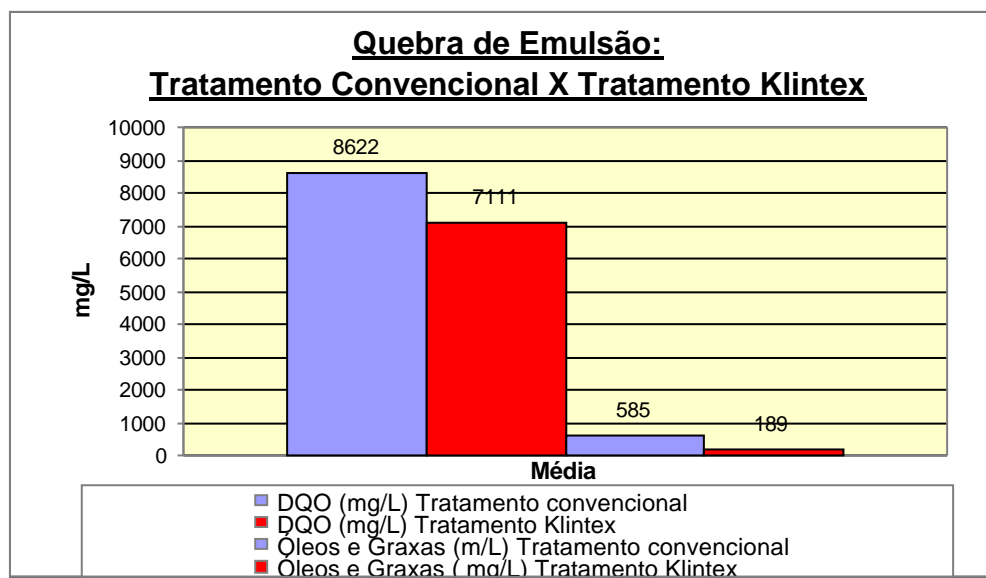


Figura 32. Valores médios de DQO e óleos e graxas referente à quebra de emulsão com o tratamento convencional e o tratamento com o produto da Klintex.

#### 5.4. Aquisição do aerador

Adquiriu-se um aerador modelo flutuante com transferência de oxigênio de 1,8 KgO<sup>2</sup>/kWh. Esta atitude foi tomada com a intenção de aumentar a taxa de oxigênio da lagoa aerada facultativa. Não possui-se dados que comprovem o aumento de eficiência da lagoa com a inserção de outro aerador, pois em paralelo outras atitudes foram tomadas e não realizou-se análises específicas deste item.

#### 5.5. Aplicação de um filtro de carvão ativado no efluente de saída do decantador

Com relação ao filtro de carvão ativado instalado após o efluente sofrer o tratamento primário, percebe-se através da Figura 33 que a redução de DQO é pequena nesta fase do tratamento. Esta redução não é eficiente devido a carga orgânica nesta etapa do tratamento ser alta, ocasionando rápida saturação do carvão ativado, conseqüentemente pouca redução de carga orgânica. Portanto estes dados estão limitados e percebe-se que o filtro de carvão ativado nesta etapa do tratamento não oferece a eficiência esperada.

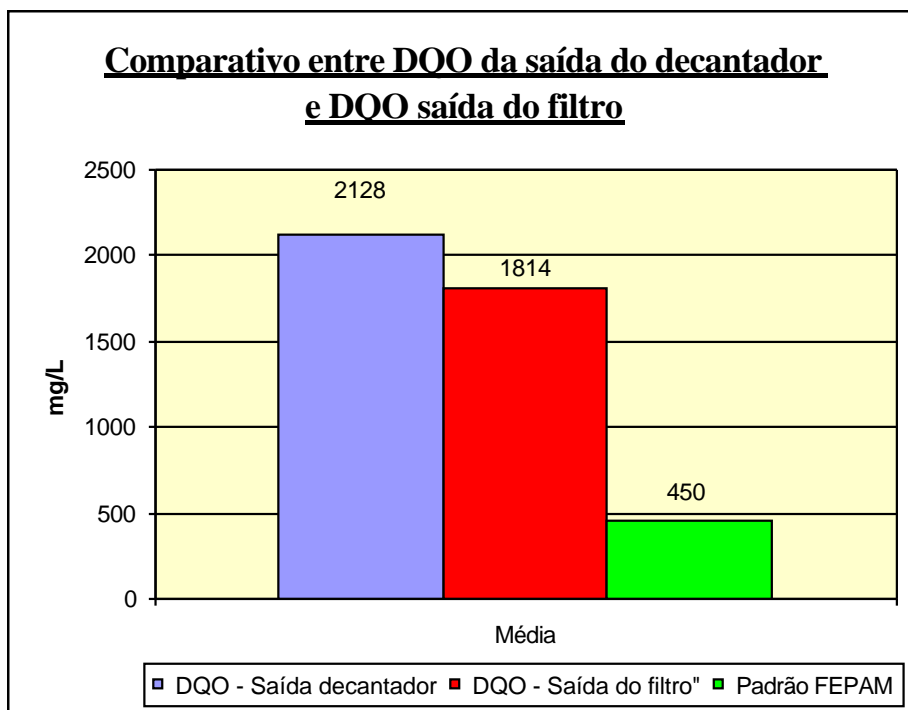


Figura 33. Comparativo entre DQO do decantador e saída do filtro

Com a Tabela 11 consegue-se observar as análises realizadas que originaram as médias inseridas na Figura 33.

Tabela11. Dados de DQO do decantador e do filtro após o tratamento primário

Data	DQO da saída do decantador (mg/l)	Data	DQO da saída do filtro
11/03/05	1590	02/05/05	1357
14/03/05	1337	06/05/05	1662
20/04/05	2758	06/05/05	1744
22/04/05	242	20/05/05	1098
25/04/05	1397	30/05/05	2195
04/05/05	1703	22/06/05	1492
09/05/05	1545	12/07/05	2215
25/05/05	2222	15/07/05	1071
03/06/05	2185	15/07/05	1782

Data	DQO da saída do decantador (mg/l)	Data	DQO da saída do filtro
06/06/05	1361	19/07/05	2453
06/06/05	1379	20/07/05	2150
10/06/05	1642	21/07/05	2158
10/06/05	1522	20/07/05	2210
15/06/05	1416		
20/06/05	1272		
22/06/05	1536		
01/07/05	5151		
04/07/05	3861		
06/07/05	2138		
08/07/05	2346		
11/07/05	2619		
13/07/05	1143		
13/07/05	2443		
13/07/05	2556		
15/07/05	1893		
18/07/05	1628		
20/07/05	2270		
<b>Média</b>	<b>2128</b>	<b>Média</b>	<b>1814</b>

## 5.6. Aplicação de um filtro de carvão ativado no efluente da saída da lagoa aerada

Conforme Tabela 12 os dados coletados da lagoa aerada facultativa de janeiro/2005 à junho/2005 tem-se uma média de lançamento de DQO em 523 mg/L e após a instalação do filtro de carvão ativado em julho de 2005 obteve-se uma média de lançamento em relação à DQO de 295 mg/L.

Tabela 12. Média de DQO da lagoa e lagoa + filtro

Meses	Resultados lagoa (mg/l)	Resultados lagoa + filtro de carvão (mg/l)	Limite FEPAM (mg/l)
Janeiro	428	-----	405
Fevereiro	528	-----	405
Março	506	-----	405
Abril	554	-----	405
Maió	611	-----	405
Junho	513	-----	405
Julho	----- -	472	405
Agosto	----- -	250	405
Setembro	----- -	231	405
Outubro	----- -	228	405
Média	523	295	405

Através destes dados pode-se verificar que houve uma redução de carga orgânica de aproximadamente 230 mg/L com a instalação do filtro de carvão ativado após a lagoa aerada facultativa. O mais importante é que esta filtragem final do efluente proporcionou o enquadramento do efluente final dentro do especificado pelo órgão ambiental, ou seja, no máximo 405 mg/L. Devido os resultados apresentados todo o efluente final após a lagoa aerada facultativa é filtrado no filtro de carvão ativado antes da calha Parshall, pois assim todos os parâmetros determinados na licença de operação serão enquadrados dentro do especificado na mesma.

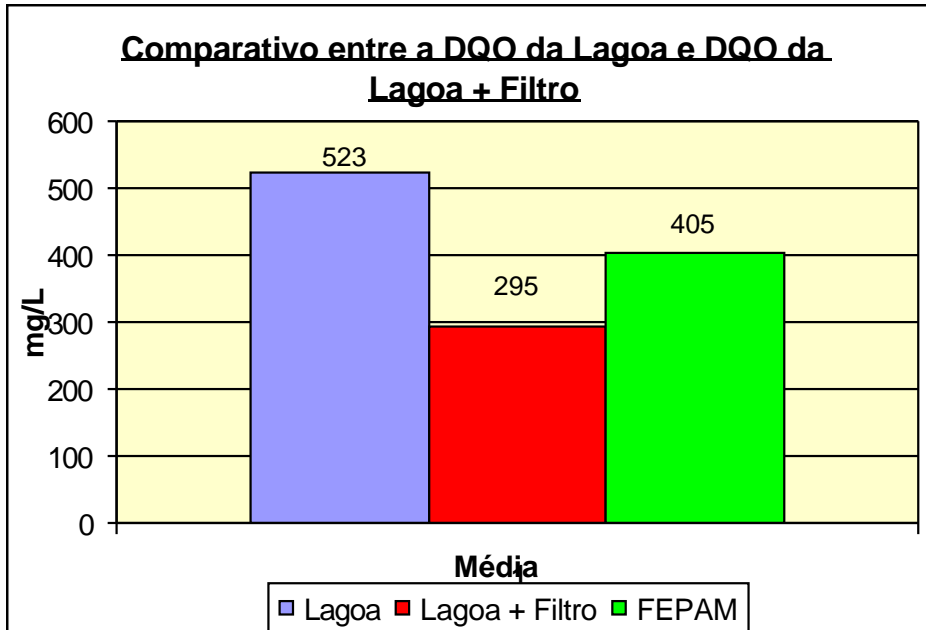


Figura 34. Comparativo entre a DQO da saída da lagoa e a DQO da lagoa + filtro

### 5.7. Monitoramento do efluente final

Na Tabela 13 mostra-se os resultados obtidos na estação de tratamento de efluentes no ano de 2005. Através Tabela 13 e da Figura 35 verifica-se os resultados na estação de tratamento de efluentes com relação as melhorias efetuadas no processo produtivo e na própria estação de tratamento.



PARÂMETRO/DATA	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ	Pa Em
pH	7,0	7,0	7,0	7,0	7,0	7,0	7,1	7,1	7,3	7,3	7,1	7,1	6,5
Sól. Suspensos	----	----	105	---	----	49	----	----	----	5	----	25	1,0
Sól. Sedimentáveis	----	----	0,2	----	----	ND	----	---	----	ND	----	ND	18
DQO	455	1080	840	750	525	815	583	565	545	610	687	481	405
O & G	----	---	6	----	----	16	----	----	----	4,3	----	ND	10
Ferro	0,6	0,51	0,76	5,2	4,1	1	1,46	1,1	1	0,29	0,25	0,25	10
Alumínio	1,6	0,7	1,4	1,1	1,2	1,3	0,63	0,59	0,45	7,6	0,51	0,55	10
Cromo total	0,25	0,14	0,39	0,34	0,35	0,38	0,44	0,35	0,35	0,19	0,21	0,24	0,4
Cromo VI	0,03	ND	0,04	0,03	ND	0,02	0,01	ND	ND	0,02	ND	ND	0,0
Níquel	0,18	0,06	0,07	ND	ND	ND	0,01	ND	ND	ND	ND	ND	0,9
Estanho	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	4
Fósforo total	0,3	0,23	0,46	0,54	0,43	0,9	0,68	0,72	0,64	0,44	0,65	0,52	1
Fenóis	----	----	----	---	----	0,002	0,002	----	----	---	----	0,002	0,1

Com a Tabela 13 pode-se verificar os valores encontrados no efluente final, principalmente com o parâmetro DQO. Também observa-se o súbito aumento do parâmetro fósforo total em julho, onde tivemos o incidente de utilizar um produto para limpeza do túnel de pintura que possui um alto índice de fósforo na formulação. No decorrer dos meses ocorre uma progressiva diminuição deste parâmetro, em virtude das medidas tomadas para que este problema na ocorra novamente.

Através da Figura 35 pode-se observar que até julho de 2005, os valores de DQO não atingiam a especificação de 405 mg/L requerido pela FEPAM. Entretanto, com as modificações realizadas, principalmente a instalação do filtro de carvão ativado após a lagoa aerada facultativa, conseguiu-se reduzir a DQO enquadrando a mesma dentro do especificado pela FEPAM.

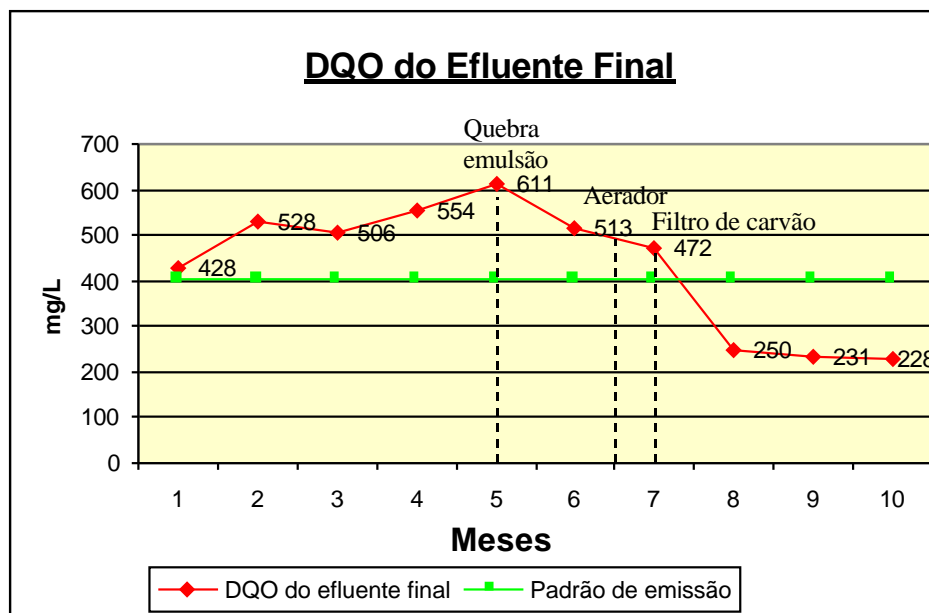


Figura 35. Análise do efluente final

1. A estação de tratamento de efluentes da empresa apresentava como principal deficiência a concentração de DQO na saída da lagoa aerada facultativa. Deste o ano de 2004 este parâmetro ultrapassava os limites de emissão estabelecidos pelo órgão ambiental estadual – FEPAM ( Fundação Estadual de Proteção Ambiental ).
2. Foram adotadas várias atitudes para buscar o enquadramento do parâmetro DQO:
  - Estudo de alternativas no processo produtivo que permitissem a redução da DQO, onde realizou-se levantamento dos principais produtos químicos utilizados no processo produtivo, a fim de verificarmos quais causam maior impacto na estação de tratamento de efluentes e com isto conseguiu-se produtos ambientalmente mais corretos.
  - A identificação dos pontos de melhoria na estação de tratamento de efluentes, ou seja, substituição de produtos químicos e instalação de filtros de carvão ativado após o tratamento primário e secundário.
3. As atitudes que prontamente proporcionaram redução da DQO no efluente final foi a instalação do filtro de carvão ativado após a saída da lagoa aerada facultativa, pois através deste consegue-se reter a matéria em suspensão e a DQO suspensa presente no efluente líquido.
4. Todas estas atitudes convergiram para conseguir o objetivo do trabalho que é o enquadramento do parâmetro DQO dentro do estabelecido pelo órgão ambiental estadual – FEPAM.

## **7. SUGESTÕES DE TRABALHOS FUTUROS**

As principais atividades futuras são:

- Verificar qual a melhor disposição dos aeradores na lagoa aerada facultativa;
- Verificar a influência da vazão pela qual o efluente passa pelo filtro de carvão;
- Testar novas tecnologias de tratamento;



## 8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

APHA. **Standart Methods for Water and Wastewater Analysis**. Washington D.C.,1995.

BASF. **Performance Chemicals**. 1997, p. 24 - 31.

BRAILE,P.M.;CAVALCANTI, J.E.W.A. **Manual de Tratamento de Águas Residuárias**. São Paulo: CETESB, 1993, p. 497-512.

CASTROL. **Fluído de Corte – Teoria e Aplicação**. São Paulo: 2001. 24 p.

CEÇEN, F. Physicochemical and Biological Treatability Studies on Surfactant Wastewater. **Water Science Technology**, 1992, vol 26, n. 1-2, p. 377-386.

CEPIS, REPAMAR, GTZ. **Impacto Ambiental de Produtos Químicos Auxiliares usados em la industria Têxtil Argentina**. 1997-1998.

KLINTEX / TECNOIL. **Apostila de Treinamento sobre Fluido de Corte e Usinagem**. Cachoeirinha: 2003. 35 p.

KLINTEX. **Teoria e Aplicação da Preparação da Superfície para Pintura**. Cachoeirinha: 2002. 20 p.

LABRITS. **Processos e Métodos de Cromo Duro e suas Aplicações**. São Paulo: 1998. 75 p.

NUNES, J. **Tratamento Físico-Químico de Efluentes Industriais**. 2001.

PARKER. **Manual de Hidráulica Básica**. São Paulo: 2000. 185 p.

RAVINA, L. **Everything you want to know about Coagulation & Flocculation**. Zeta-Meter Inc., 1993.

SOLARI, J.A. **Avanços recentes no Tratamento de Efluentes por Flotação a Ar Dissolvido**. Engenharia Sanitária, v. 20, .3, 1981,p.332-335.

SOLOMONS, T. W. G. **Química Orgânica 2**. Rio de Janeiro: Livros Técnicos e Científicos, 1996.

TCHOBANOGLIOUS, G.; BURTON F.; STENSEL, H.D. – **Wastewater Engineering Treatment and Reuse / Metcalf & Eddy** – Boston, McGraw Hill, 1819. p. 2003.

VON SPERLING, M. Von. **Introdução a Qualidade das Águas e ao Tratamento de Esgotos**, 1996.

