

II-210 - TRATAMENTO DOS RESÍDUOS DE LABORATÓRIO RICO EM CROMO GERADO DAS ANÁLISES DE DEMANDA QUÍMICA DE OXIGÊNIO

Suzana De Campos Pereira⁽¹⁾

Engenheira Ambiental (UCB -Universidade Católica de Brasília 2007) e Técnica em Química Industrial (ETD – Escola Técnica de Divinópolis MG – 1980). Técnica em Química da Coordenadoria de Operações dos Sistemas Gama, Santa Maria e Alagado da CAESB – Cia Saneamento Ambiental do Distrito Federal.

Mauro Roberto Felizatto

Engenheiro Químico (UFU MG-1985) e Mestre em Engenharia Civil – Tecnologia Ambiental e Recursos Hídricos (UnB DF-2000). Coordenador de Operações dos Sistemas Melchior, Samambaia e Brazlândia da CAESB – Cia Saneamento Ambiental do Distrito Federal. Professor Adjunto do Departamento de Engenharia Civil da UNIP – Universidade Paulista (Unidade Brasília DF).

Analta De Barros Campos

Bióloga (FTB Faculdade da Terra de Brasília 2003), Especialista em Gestão Integrada em Saneamento (UnB DF 2007) e Técnica em Saneamento (ETF – Escola Técnica Federal de Goiás – 1997). Supervisora de Operações dos Sistemas Melchior, Samambaia e Brazlândia da CAESB – Cia Saneamento Ambiental do Distrito Federal.

Laécio Carneiro Rodrigues

Bacharel em Química (UnB DF-2005). Técnico em Química da Coordenadoria de Operações dos Sistemas Melchior, Samambaia e Brazlândia da CAESB – Cia Saneamento Ambiental do Distrito Federal.

Endereço⁽¹⁾: QS 07 Lote 1 EPCT; Águas Claras; Taguatinga Sul, Brasília. DF. Brasil. Tel.: +55 (61)33569318 Fax: +55 (61)33569000 CEP 71966700. e-mail: suzanaucb@gmail.com

RESUMO

O presente trabalho objetivou desenvolver um método de tratamento para resíduos de cromo gerados nos laboratórios da Companhia de Água e Esgoto de Brasília (CAESB) quando se realiza a análise de demanda química de oxigênio (DQO) em águas residuárias. Os laboratórios da CAESB produzem cerca de 1064 L de rejeito de análise de DQO por ano, os quais são altamente ácidos e ricos em cromo, o que os torna corrosivos e tóxicos. Foram realizados 15 testes de precipitação em jarros de 2 L com uma água residual contendo 79.38 g de cromo e 200 g/L de ácido sulfúrico no lote analisado de 250 L, com os seguintes agentes precipitantes e suas devidas concentrações: Ca (OH)₂: a 15%, CaO: 15% e 50%, NaOH: 5% , 10%, 30% e 50%, Na₂CO₃: 20%, 25%, 30%, 35% e 50%. Verificou-se que o melhor agente precipitante encontrado foi a barrilha (Na₂CO₃) 50%, que produziu um sobrenadante do resíduo de DQO tratado com pH ~ 9 e turbidez de até 16 U.N.T. , e nenhum cromo detectado (< 5 mg/kg). Este processo de precipitação se mostrou simples, eficiente e de baixo custo. Estes resultados sugerem que a construção de uma unidade de precipitação para tratar, em batelada, os resíduos das análises de DQO gerados nos laboratórios da área de esgoto da companhia é uma solução viável para resolver o problema colocado por estes dejetos.

PALAVRAS-CHAVE: Agentes Precipitantes, Cromo, Demanda Química de Oxigênio, *Jar Test*, Resíduos.

INTRODUÇÃO

Encontrar soluções para os problemas ambientais gerados pelo processo de desenvolvimento da sociedade é tarefa diuturna de todos, especialmente de administradores, técnicos, pesquisadores e cientistas (ALBERGUINI *et al.*, 2005).

Tendo em vista que a utilização desses produtos é essencial à manutenção da vida humana, esse uso deve ser sempre realizado de maneira criteriosa, sem desperdícios e com a disposição adequada do resíduo gerado (ALBERGUINI *et al.*, 2005).

Muitos desses materiais, se não forem descartados com cuidado, são prejudiciais às plantas, animais e pessoas (HARRIS, 2001).



Quando tratamos os esgotos, por exemplo, resolvemos parte da questão, pois geramos os lodos, que podem ser considerados resíduos a serem descartados ou ter outro destino útil a custos compatíveis (ALBERGUINI *et al.*, 2005).

Problema semelhante ocorre com resíduos químicos provenientes das atividades diárias da análise em laboratórios de química, pois sua gestão e gerenciamento não têm recebido atenção e respeito quanto às normas ambientais vigentes (ALBERGUINI *et al.*, 2005).

Harris (2001) descreve que os resíduos de laboratórios de análises químicas quando gerados, podem seguir inúmeros procedimentos de manipulação e descarte, tais como:

- i. Despejar as soluções no esgoto e diluí-las em água corrente;
- ii. Guardar o resíduo, para que o mesmo, posteriormente, possa ser disposto em um aterro adequado;
- iii. Tratar o resíduo para diminuir o perigo e então despejá-lo no esgoto ou guardá-lo para que posteriormente seja destinado a um aterro adequado;
- iv. Reciclar o resíduo.
- v. Sabe-se que, do ponto de vista operacional, dentre as alternativas anteriormente enumeradas, as duas primeiras são as mais fáceis, cômodas e baratas, por não representarem custos e tampouco trabalho adicional, apesar de, certamente, serem as mais caras, quando observadas sob a ótica dos perigos e danos ambientais que podem proporcionar.

A terceira alternativa, em grande parte dos casos consegue mitigar consideravelmente os riscos e prejuízos ecológicos que decorrem do uso de produtos químicos, apesar de não eliminar os referidos malefícios.

A quarta alternativa, isto é, testar métodos de reciclar resíduos químicos, a fim de remediar danos ambientais, é objeto de estudo de cientistas e grupos de pesquisa no mundo inteiro.

Esta, não obstante ser a que demanda a maior quantidade de recursos financeiros, técnicos e operacionais, é a opção capaz de aproximar a humanidade do tão almejado desenvolvimento sustentável (HARRIS, 2001).

Produtos químicos que muitas vezes podem ser reciclados são descartados nos ecossistemas, gerando vários problemas, desde possíveis intoxicações até situações graves, como a toxicidade nos processos de tratamento de esgoto sanitário (ALBERGUINI *et al.*, 2005).

Os metais tóxicos e seus compostos, na maioria das vezes, consistem em espécies não depuráveis, que tendem a se depositar nos ecossistemas, sendo absorvidos e, em alguns casos bioacumulados, pelos mais diversos organismos, inclusive seres humanos, podendo alcançar efeitos letais.

Análises que quantificam quimicamente o teor de poluentes na forma de matéria orgânica em águas naturais, águas tratadas, águas residuárias domésticas e industriais, bem como para determinar a eficiência de processos de tratamento são rotineiramente realizadas no mundo inteiro.

Na maioria dos casos, essas análises são realizadas fazendo-se uso do método titulométrico com dicromato de potássio ($K_2Cr_2O_7$), em que uma alíquota da amostra é drasticamente oxidada na presença desse reagente e de um catalisador de prata (Ag^+), em meio fortemente ácido, o que permite medir a demanda química de oxigênio da referida amostra, por meio da titulação de retorno com sulfato ferroso amoniacal.

Tais análises dão origem a resíduos contendo grandes quantidades de ácido sulfúrico, e de cromo no estado trivalente e hexavalente, isto é, Cr^{+3} e Cr^{+6} , que são solúveis em meio ácido e parcialmente solúvel em meio neutro. Tal resíduo pode conter também menores quantidades de Cr^{+6} .

Sabe-se que os compostos de cromo são prejudiciais ao meio ambiente e à saúde humana (ESMAEILI *et al.*, 2005) e, inclusive, que os sais de Cr^{+6} são considerados por Lee (1999) como cancerígenos.

Apesar disso, é sabido que, quase sempre, nos laboratórios onde tais análises são realizadas, esses resíduos são despejados no esgoto e diluídos em água corrente, tendo como destino as plantas de tratamento de esgotos e, conseqüentemente, os corpos d'água que receberão os efluentes tratados, tendo em vista que, como já mencionado anteriormente, os íons desse metal não são degradáveis por processos biológicos (LEE, 1999).



O resultado do lançamento desses rejeitos ácidos e tóxicos nas plantas de tratamento de esgotos é a possível perda de eficiência no processo de tratamento, tendo em vista o baixíssimo pH do rejeito e a toxidez das espécies de cromo para os microorganismos que consomem a matéria orgânica contida no esgoto (VON SPERLING, 1996; CLAAS E MAIA, 1994).

Von Sperling (1995), faz ainda a menção de que além dos possíveis prejuízos no processo biológico de tratamento do esgoto, ter-se-á também os danos crônicos causados aos ecossistemas naturais que receberão o efluente das estações de tratamento de esgoto: as espécies de cromo serão lançadas nos corpos d'água, contaminando a água, os animais, as plantas, o sedimento de fundo dos rios e, possivelmente, os lençóis freáticos.

MATERIAIS E MÉTODOS

Este estudo foi realizado no Laboratório da Estação de Tratamento de Esgotos do Sistema Melchior, que localiza-se no Km 53 DF 180/BR 060, responsável pelo tratamento de esgoto das cidades de Taguatinga e Ceilândia e futuramente Águas Claras. Este laboratório atende também as Estações de Esgoto de Brazlândia e Samambaia, no que diz respeito ao controle de qualidade.

ESTIMATIVA DA QUANTIDADE DE RESÍDUOS DE DQO GERADA POR ANO NA CAESB

Pode-se afirmar que são realizadas 6224 análises de DQO pelos laboratórios das ETES da CAESB. Sabe-se que, em cada uma destas análises gera-se cerca de 0,16 L de rejeito. Desta forma pode-se deduzir que:

$$V_{ra} = N_a \times 0,16L, \quad (\text{Equação 1})$$

onde:

V_{ra} = volume total de rejeito gerado por ano;

NA = número de análises de DQO realizadas por ano.

Substituindo o número de análises na equação 5, obtém-se que:

$$V_{ra} = 6224 \times 0,16L = 1067 \text{ L/ano}$$

Estimativa teórica da quantidade de Cr e H₂SO₄ contidos no lote de resíduos de DQO

Para análise da DQO de uma amostra qualquer, usa-se 0,10 L de uma solução 0,04167 mol/L de K₂Cr₂O₇, que contém aproximadamente 4,33 g de Cr. A esse volume adiciona-se 0,20 L de amostra, 0,25 L de H₂SO₄, o que totaliza 0,55 L. Realizada a digestão em frasco próprio, transfere-se a solução digerida (0,55 L) para um erlenmeyer, lavando-se o frasco de digestão com 0,100 L de H₂O destilada. A solução resultante (0,155 L) é titulada com cerca de 0,15 L de uma outra solução. Logo, no término da titulação obtém-se cerca de 0,170 L. Realizando-se um cálculo de diluições sucessivas da solução de K₂Cr₂O₇ usada na análise de DQO – ao se adicionar a amostra o H₂SO₄ e água usada para lavar o frasco de digestão –, obtém-se que o rejeito final (0,170 L) terá cerca de 0,270 g/L.

PH E TURBIDEZ

As análises de pH e turbidez foram realizadas de acordo com o APHA/AWWA/WEF, (1998). O pH representa a concentração de íons H⁺ (em escala anti-logarítmica), dando uma indicação sobre a condição de acidez, neutralidade ou alcalinidade da água (VON SPERLING, 1996).

A turbidez é a propriedade ótica relacionada à dispersão e a reflexão de um feixe de luz incidido em uma porção (ou camada ou coluna) de líquido. No geral, essa dispersão/reflexão do feixe de luz é decorrente da presença de partículas em suspensão. A turbidez, simplificada, pode ser entendida como sendo a medida da transparência de uma camada de líquido.



Os testes foram conduzidos em *Jar Test* da Milan- Microcontrolador. Modelo JT 103, de 2 l, sob agitação. Os reagentes precipitantes e as condições dos testes são mostrados na Tabela 3.1. O primeiro passo foi definir a velocidade que seria utilizada, mistura rápida ou lenta. Pelos testes ficou definido a rotação de 180 RPM. No início e final de cada teste, foram tomadas a temperatura e o pH do sistema total. Utilizou-se fitas (pH – Fix 0 – 14) para a medição do pH durante todo o processo de aplicação dos agentes precipitantes, por causa do superaquecimento do sistema. No final, foram medidos o pH e a turbidez no líquido sobrenadante. A Figura 3.1 mostra as concentrações dos agentes precipitantes, se houve diluição do rejeito com água, com EF da ETE Samambaia ou se com EF da ETE Melchior, o tempo de agitação e o tempo de precipitação.

Agente precipitante	Concentração das soluções %	Volume do rejeito	Volume água de efluente	Volume adicionado	Tempo agitação (min.)	Tempo de precipitação
Ca(OH) ₂	15	1 L	-	Até 1 L	20 min.	Até 12 horas
CaO	15	1 L	-	Até 1 L	20 min.	Até 12 horas
NaOH	15	1L	-	Até 1 L	20 min.	Até 12 horas
	30					
	50					
Agente precipitante	Concentração das soluções %	Volume do rejeito	Volume água de efluente	Volume adicionado	Tempo agitação (min.)	Tempo de precipitação
Na ₂ CO ₃	20	500 mL	500	Até 1 L	20 min.	Até 12 horas
	25					
	30					
	35					
	40					
	45					
	50					

Determinação do teor de Cromo na forma de Cr^{+3} – EDTA, segundo COSTA *et al.* (1999) com adaptações. As reações de formação de complexo do Cr^{+3} em meio aquoso, apresentam dificuldades devidas à inércia química natural dos íons Cr^{+3} fortemente solvatados, $[\text{Cr}(\text{H}_2\text{O})_6]^{3+2}$. Por esse motivo, a determinação espectrofotométrica do cromo envolve normalmente reações com aquecimento prolongado, variando de 20 a



130 minutos, a depender do reagente, muitas vezes usando refluxo, para acelerar a reação do cromo com os ligantes 3-9. O ácido (EDTA) forma um complexo violeta, extremamente estável, com o Cr^{+3} , cromo bastante utilizado na determinação espectrofotométrica de macro-quantidades de cromo 9-11, entretanto, esta reação é muito lenta à temperatura ambiente. No presente trabalho, em vez de usar o aquecimento de três minutos em forno microondas para acelerar a velocidade de reação do Cr com o EDTA, como no artigo, foi usado a digestão no autoclave por 120 minutos.

REAGENTES:

A solução para realização deste trabalho foi preparada da seguinte forma:

Solução padrão de cromo 0,048 mol/L. Foi preparada pela dissolução de 3,536 g de dicromato de potássio em água e o volume completado a 500 mL. Ácido ascórbico 0,57 mol/L. Foi dissolvido 10 g de ácido ascórbico com água e o volume completado a 100 mL. A solução era preparada imediatamente antes do uso. Solução do (EDTA) 0,1 mol/L. Foi dissolvido 18,5 g do sal di-sódico do EDTA em água e o volume completado a 500 mL. Solução tampão ácido acético/ acetato de sódio 1 mol/L pH 4,75. Foi preparada ajustando-se uma solução de acetato de sódio 1 mol/L com solução de ácido acético 1 mol/L para pH= 4,75. Todas as soluções foram preparadas a partir de reagentes de grau analítico usando água destilada-desionizada.

MATERIAL

As medidas e os espectros de absorção foram obtidos em espectrofotômetro UV-visível Hach série 4000. Utilizando-se celas de 10 mm de caminho óptico. As medidas de pH foram realizadas em potenciômetro marca Marte MB-10. Como fonte de energia utilizou-se uma autoclave vertical da marca Phoenin.

PROCEDIMENTO

- Em cada um dos oito frascos de digestão para autoclave, foram adicionados 25 ml do rejeito tratado;
- Adicionou-se em cada frasco alíquotas de: 0,0 ml; 0,5 ml; 1,0ml; 2,0ml; 3,0 ml; 4,0 ml; 5,0 ml; 6,0 ml do padrão de Cromo 0,048 mol/L.
- Em seguida adicionou-se 20 ml de EDTA 0,1 mol/L; 2,0 ml de Ácido Ascórbico 0,57 mol/L; 5,0 ml de solução Tampão 1,0 mol/L e 10,0 ml de água destilada;
- Aqueceu-se em autoclave por noventa minutos;
- Após este tempo, os frascos foram resfriados a temperatura ambiente.
- Foram transferidos dos frascos para balões volumétricos de 100 ml, e completados com água destilada.
- Foram filtradas as amostras em sistema de filtração á vácuo, com papel GFC, e logo em seguida foram efetuadas as leituras no espectrofotômetro em 542nm de comprimento de ondas.

PROJETO DO AGITADOR

A realização dos cálculos do gradiente de velocidade a partir dos testes em jarros (*Jar Test*) teve como referência o autor brasileiro (A.C.PARLATORE) que dedicou-se ao estudo do tipo misturador mais utilizado em nosso meio: a turbina de seis pás retas. Assim o gradiente é calculado através da expressão:

$$G = 4,86 \times 10^{-2} \sqrt{\frac{N^3 D^5}{\mu V}} \quad (\text{Equação I), onde:}$$

G = gradiente de velocidade, s^{-1}

N = Rotação da turbina, RPM

D = Diâmetro da turbina, m



V = Volume do tanque de mistura, m

μ = Viscosidade absoluta da água (a 28°C: 10^{-4} Kgf.m⁻¹)

Na Figura 1 está representado o fluxograma de rotina dos procedimentos analíticos realizados em *Jar Test*

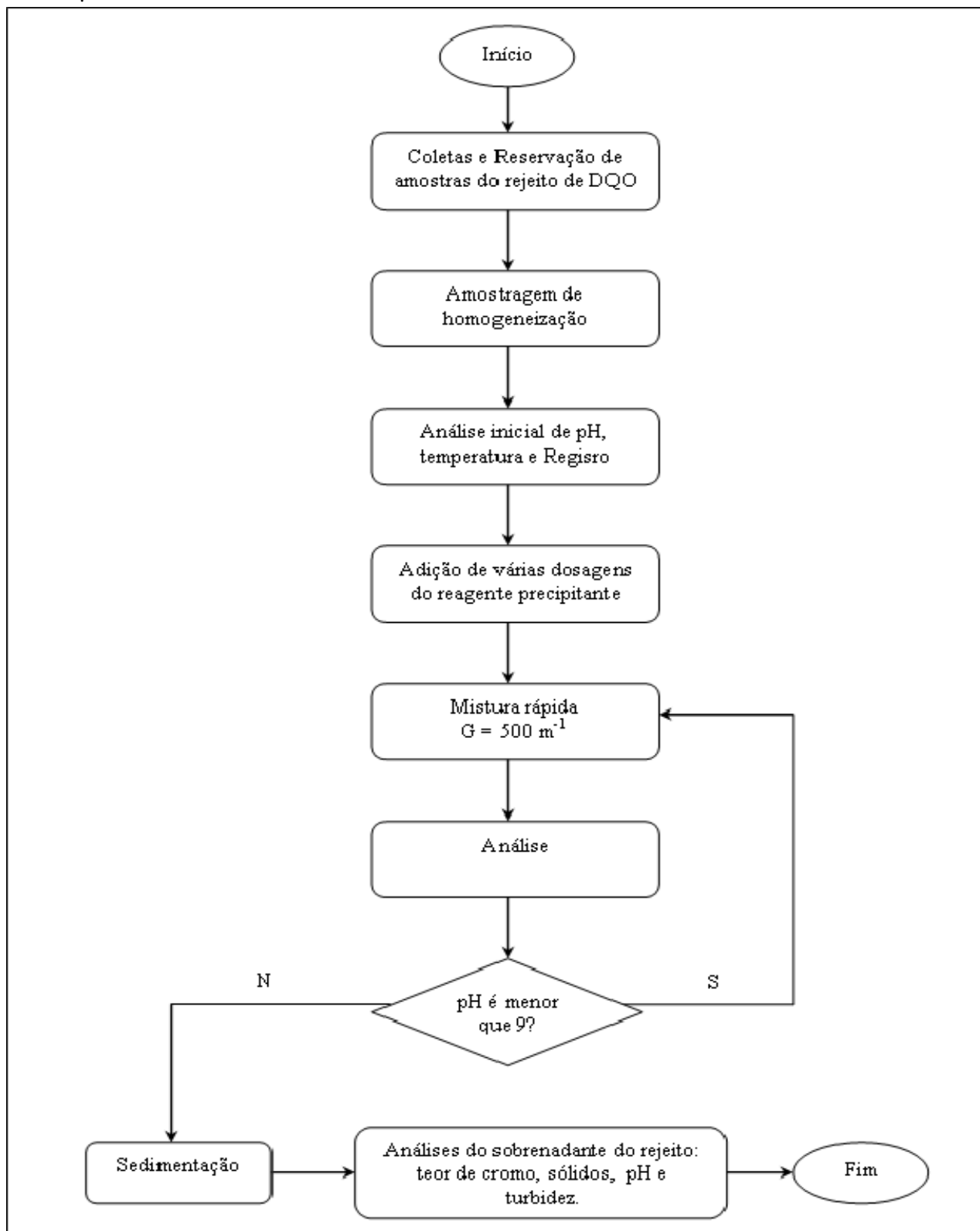


Figura 1: Fluxograma ilustrando os procedimentos analíticos realizados em *Jar Test*



RESULTADOS

Para que fosse estimada a quantidade anual de resíduos gerados por todos os laboratórios na área de tratamento de águas residuárias da CAESB, onde se realiza (DQO) em amostras de águas residuárias brutas e tratadas, foram obtidos dados da Superintendência de Operação, Manutenção e Tratamento de Esgotos - POE/DP da CAESB, no qual, foram realizados os cálculos de volume total do rejeito.

A tabela 2 apresenta a quantidade de rejeito de DQO produzido em cada Estação de Tratamento de Esgotos da CAESB no Distrito Federal por ano.

Tabela 2: Quantidade de rejeito de DQO produzido por ano, nas ETEs da CAESB no DF

ETE	Quantidade de análises (un/ano)	Quantidade rejeito (L/ano)
Planaltina	288	49
Vale do Amanhecer	240	41
Sobradinho	144	25
São Sebastião	384	65
Fercal	144	25
Brasília Norte	720	122
Paranoá	144	25
Torto	192	33
Brasília Sul	576	98
Riacho Fundo	144	25
Brazlândia	120	20
Samambaia	240	41
Melchior	1728	294
Recanto das Emas	336	57
Alagado	240	41
Santa Maria	192	33
Gama	384	65
Aeronáutica	48	8
Total	6264	1067

FONTE: (CAESB, 20)

JAR TEST

TESTE 1

Este teste foi realizado em jarros com o agente Hidróxido de Cálcio:

Tabela 3: Resultado de pH e temperatura do teste 1

Tipo de Precipitante	Volume Total gasto (L)	Faixa de pH inicial	Faixa de pH final	Temperatura °C
(CaOH) 15%.	0,2	0,06	2,57	46

Conforme foi adicionado o agente precipitante, o pH subia muito pouco, e a temperatura aumentava significativamente. Com 0,7 L adicionados ao rejeito, foram observadas uma saturação e uma mudança de cor para branco, mas não houve formação de lodo.

TESTE 2

Tabela 4: Resultado de pH e temperatura do teste 2

Tipo de Precipitante	Volume Total gasto (L)	Faixa de pH inicial	Faixa de pH final	Temperatura °C
(CaOH) 50%.	0,22	0,06	4,0	56



A característica do rejeito foi a mesma do teste 1. Foi observada a formação de um precipitado branco e muito denso, depois de sedimentado o lodo permaneceu branco e o líquido sobrenadante permaneceu com a coloração azul, a mesma do rejeito.

TESTE 3

Tabela 5: Resultado de pH e temperatura do teste 3

Tipo de Precipitante	Volume Total gasto (L)	Faixa de pH inicial	Faixa de pH final	Temperatura °C
(CaO) 15%.	0,2	0,06	4,0	48

Não apresentou reação diferente à dos testes 1 e 2.

TESTE 4

Tabela 6: Resultado de pH e temperatura do teste 4

Tipo de Precipitante	Volume Total gasto (L)	Faixa de pH inicial	Faixa de pH final	Temperatura °C
(CaO) 50%.	0,2	0,06	4	47

O meio ficou em suspensão, formando um lodo branco.

TESTE 5

Tabela 7: Resultado de pH e temperatura do teste 5

Tipo de Precipitante	Volume Total gasto (L)	Faixa de pH inicial	Faixa de pH final	Temperatura °C
(NaOH) 5% e 10 %	0,15	0,06	1,0	46

Não houve alteração no sistema e não havia como adicionar mais precipitante por causa do volume do jarro (2000 mL).

TESTE 6

Tabela 8: Resultado de pH e temperatura do teste 6

Tipo de Precipitante	Volume Total gasto (L)	Faixa de pH inicial	Faixa de pH final	Temperatura °C
NaOH 30%.	0,13	0,06	4,0	47

Ao adicionar 1,1L a coloração passou de azul para marrom, mas o pH ficou na faixa de 4, adicionando mais 0,2 L, formou um lodo marrom que se sedimentou. O sobrenadante ficou azul claro.

TESTE 7

Tabela 9: Resultado de pH e temperatura do teste 7

Tipo de Precipitante	Volume Total gasto (L)	Faixa de pH inicial	Faixa de pH final	Temperatura °C
(NaOH) 50%.	0,93	0,06	14	46



Visualmente observou-se que quando adicionado 0,4 L houve uma formação de flocos brancos em suspensão, logo em seguida adicionou-se mais 0,4 L, a coloração passou de azul opaco para marrom, mas o pH permaneceu ácido. Quando adicionados mais 0,13 L o lodo foi sedimentando.

TESTE 8

Tabela 10: Resultado de pH e temperatura do teste 8

Tipo de Precipitante	Volume Total gasto (L)	Faixa de pH inicial	Faixa de pH final	Temperatura °C
(Na ₂ CO ₃) 20%	1,22	0,06	2	32

Para este teste, diluiu-se a amostra de rejeito em 50% com água, devido a forte reação que é produzida ao se adicionar este agente precipitante. Foi necessário adicionar bem lentamente, pois houve uma forte expansão da espuma de aproximadamente de 50 % dentro do jarro, mas diferente dos outros agentes utilizados, não houve superaquecimento; Nos primeiros 0,2 L, não houve mudança de cor, o pH permaneceu sem alteração na faixa de 2. Adicionando mais 0,15 L a cor azul tornou-se turva e com uma ligeira coloração marrom na espuma, o pH permaneceu na mesma faixa. Após adicionar mais 0,18 L, surgiu flocos brancos, mas pH permanecendo ácido.

TESTE 9

Tabela 11: Resultado de pH e temperatura do teste 9

Tipo de Precipitante	Volume Total gasto (L)	Faixa de pH inicial	Faixa de pH final	Temperatura °C
(Na ₂ CO ₃) 25%	0,73	0 - 1	9	32

O rejeito foi diluído em 50% com água; pH inicial na faixa de 0-2; Na adição dos primeiros 0,1L houve mudança na cor azul para azul turva, reação muito forte, mas sem aquecimento; Com adição de 0,70 L começou aparecer uma cor marrom na espuma, mas não houve alteração no pH, adicionando mais 0,30 L começou aparecer os flocos brancos e com mais 0,1 L os flocos ficaram maiores, mas o pH continuou na mesma faixa inicial. Adicionando mais 0,4 L a cor marrom se fixou e o pH passou para faixa de 4 com 0,08 L o pH passou para 6; com mais 0,04 L para 7 e a cor ficou marrom bem escuro; Adicionando mais 0,36 L o pH alcançou a faixa ideal

TESTE 10

Tabela 12: Resultado de pH e temperatura do teste 10

Tipo de Precipitante	Volume Total gasto (L)	Faixa de pH inicial	Faixa de pH final	Temperatura °C
(Na ₂ CO ₃) 30%	0,675	0 - 2	9	30

Neste teste o rejeito foi diluído em 50% com água, ao ser adicionado 0,12 L do agente precipitante, surgiu uma cor marrom na espuma, mas o pH manteve-se na faixa inicial, a temperatura subiu para 28°C, observou-se que a espuma não se desfez rapidamente como ocorreu nos outros testes com a Barrilha em concentração menor, e notou-se que a reação ficou bem mais forte, tendo assim que adicionar o agente bem devagar, praticamente gotejando, por causa da expansão da espuma no jarro; Depois de adicionar mais 0,55 L, a reação começou a ficar mais branda, e não houve formação de flocos brancos passando a cor de azul para marrom. Com 0,25 L a mais o pH mudou para 5, com mais 0,10 L para 7; mais 0,10 L para 8 e com mais 0,05 L o pH chegou a faixa ideal.

**TESTE 11****Tabela 13: Resultado de pH e temperatura do teste 11**

Tipo de Precipitante	Volume Total gasto (L)	Faixa de pH inicial	Faixa de pH final	Temperatura °C
(Na ₂ CO ₃) 35%	0,458	0 - 2	9	35

Neste teste, já nos primeiros 0,50 L, adicionados ao rejeito, apareceu uma cor marrom, a reação foi bem forte, espuma com dificuldade de dissolução; com mais 0,250 L adicionados, o pH continuou ácido; Quando adicionados mais 0,125 L o pH passou para 5 e com mais 0,28 L foi para 9.

TESTE 12**Tabela 14: Resultado de pH e temperatura do teste 12**

Tipo de Precipitante	Volume Total gasto (L)	Faixa de pH inicial	Faixa de pH final	Temperatura °C
(Na ₂ CO ₃) 40%	0,375	0 - 2	9	35

Neste experimento observou-se que as reações foram as mesmas do teste 11, mas houve menos adição do agente precipitante.

TESTE 13**Tabela 15: Resultado de pH e temperatura do teste 13**

Tipo de Precipitante	Volume Total gasto (L)	Faixa de pH inicial	Faixa de pH final	Temperatura °C
(Na ₂ CO ₃) 50%	0,300	0 - 2	9	35

Para este teste o rejeito foi diluído com 50% em água. Ao adicionar 0,50 L a reação foi muito forte, houve liberação de gás, formação de muita espuma expandindo no jarro e o pH ficou na faixa de 0-2. Adicionando mais 0,100 L a cor azul ficou turva e começou aparecer uma cor marrom na espuma; com mais 0,130 L a cor marrom permaneceu e o pH foi para 4; com mais 0,10 L pH 6 e mais 0,10 L pH 9. l.

TESTE 14**Tabela 16: Resultado de pH e temperatura do teste 14**

Tipo de Precipitante	Volume Total gasto (L)	Faixa de pH inicial	Faixa de pH final	Temperatura °C
(Na ₂ CO ₃) 50%	0,458	0 - 2	9	35

Neste experimento observou-se que a reação com diluição de 50% em EF do polimento da ETE Samambaia, ocorreu como a anterior, mas foi notado que o líquido sobrenadante apresentou uma coloração amarelada.

TESTE 15**Tabela 17: Resultado de pH e temperatura do teste 15**

Tipo de Precipitante	Volume Total gasto (L)	Faixa de pH inicial	Faixa de pH final	Temperatura °C
(Na ₂ CO ₃) 50%	0,3	0 - 2	9	35



A única alteração que foi notada no experimento em diluição de 50% EF da ETE Melchior foi nos resultados de turbidez, pois as reações são as mesmas. A figura 4.9 ilustra o teste realizado no Jar test de Na_2CO_3 50 % diluído em água de serviço da ETE Melchior.

Após duas semanas sem alterar o sistema no Jar Test, foi observado a formação de cristais de Carbonato de Sódio, a Barrilha (Na_2CO_3), pois ao ficar muito tempo em repouso o reagente se cristaliza.

ANÁLISE DE TURBIDEZ E PH

A tabela 18 apresenta os resultados de pH, turbidez do líquido sobrenadante dos testes em jarros, e a percentagem de diluição se caso os rejeitos precisarem ser diluídos.

Tabela 18: Resultados Analíticos de pH e turbidez do líquido sobrenadante

AGENTES PRECIPITANTES	REJEITO DILUIDO 1:1	pH	TURBIDEZ
Ca (OH)2 a 15%.	—	*	*
CaO 15%	—	*	*
CaO 50%	—	*	*
NaOH:5% e 10%	—	2-4	—
NaOH:30%:	—	14,00	2,35
NaOH:50%:	—	11,36	2,30
Na_2CO_3 : 20%	ÁGUA	12,60	4,78
Na_2CO_3 : 25%	ÁGUA	14,0	3,87
Na_2CO_3 : 30%	ÁGUA	9,69	1,70
Na_2CO_3 : 35%	ÁGUA	9,87	0,70
Na_2CO_3 : 50%	ÁGUA	9,45	0,60
Na_2CO_3 : 50%	EF ETE Melchior	9,24	16,0
Na_2CO_3 : 50%	EF ETE Samambaia	9,69	3,03

* O pH não passou da faixa de 2, e não foi tirado a turbidez por falta de condições da amostra, o meio encontrava-se turvo.

Foram plotados em gráfico os resultados de pH e turbidez, onde foi observado pico de turbidez quando se diluiu o rejeito com EF da Melchior, isto se justifica devido a ETE estar em fase de ajuste do processo de tratamento

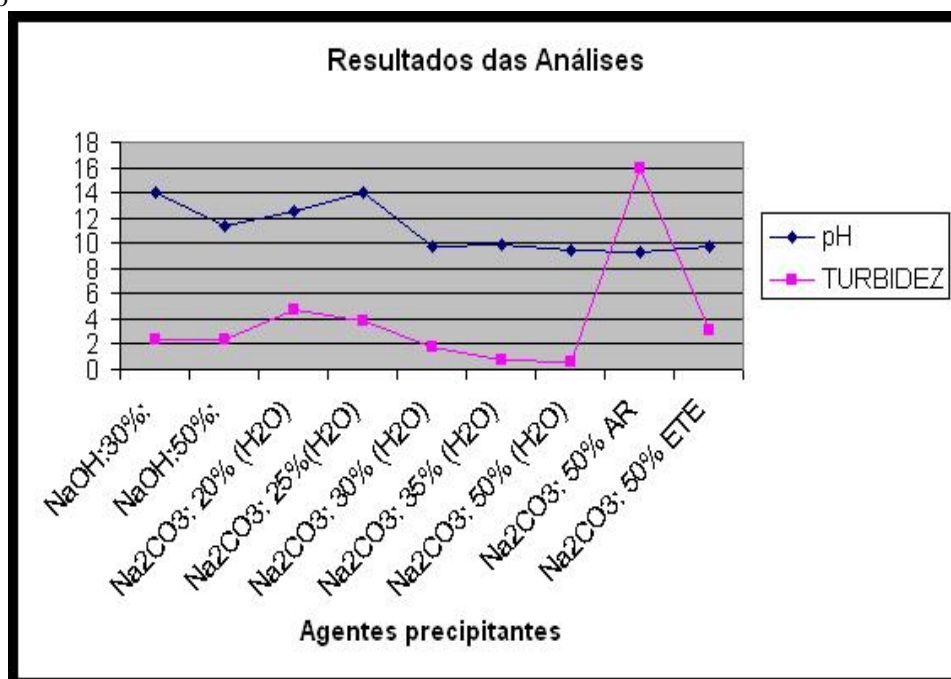


Figura 2: O Gráfico apresenta os resultados de pH, Turbidez do líquido sobrenadante dos testes em jarros, e a percentagem de diluição dos rejeitos.

TEOR DE CROMO

Pela baixa concentração de cromo existente no líquido sobrenadante do rejeito depois do tratamento com adição do agente precipitante Carbonato de Cálcio 50%, não foi possível detectar o teor de Cr na forma de Cr III (EDTA), com adaptações e usando o método da adição de padrão.

A determinação direta de cromo em baixas concentrações não é possível de ser efetuada com sensibilidade suficiente mesmo com o uso de métodos analíticos sofisticados.

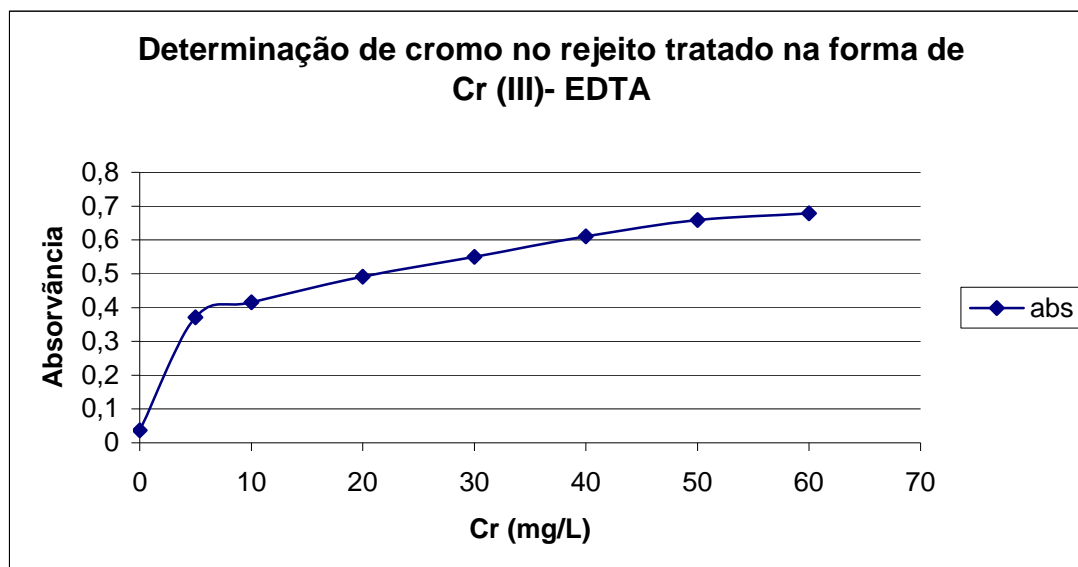


Figura 3: Curva de cromo no rejeito tratado na forma de Cr (III), EDTA.

Projeto do Reservatório

A partir da estimativa da quantidade de rejeito que é gerada por todos os laboratórios da companhia que é de aproximadamente 1000 L/ano, pode-se calcular o tamanho e volume do reservatório, levando em conta que o mesmo terá de conter um misturador e terá de ter cinco vezes o seu tamanho por causa da diluição do rejeito e expansão da espuma que o carbonato de sódio proporciona quando adicionado ao rejeito.

Através da formula de (A.C.PARLATORE) e dos testes em jarros foi possível achar o gradiente de velocidade:

$$G = 4,86 \times 10^{-2} \sqrt{\frac{180^3 \cdot 0,076^5}{8,04^{-7} \cdot 2^{-3}}}$$

$$G = 500 \text{ s}^{-1}$$

Para calcular as medidas do reservatório, foi medido o diâmetro da Hélice do tipo Marítimica que foi de 25 cm., assim:

Tabela 19: Relações Geométricas da Turbina estudada por Parlatores

Relações Geométricas da Turbina estudada por Parlatores		
$2,7 \leq L/D \leq 3,3$	$2,7 \leq H/D \leq 3,9$	$0,75 \leq h/D \leq 1,3$
$B = D/4$	$b = D/5$	$e/D = 0,10$



Medidas utilizadas para o projeto:

$$H = 3,9 \times 0,25 = 1,0 \text{ m}$$

$$e = 0,10 \times 0,25 \Rightarrow 0,025 \text{ m}$$

$$b = 0,25/4 \Rightarrow 0,0625 \text{ m}$$

A Figura 4 ilustra o projeto do reservatório e da turbina estudada por Parlatore.

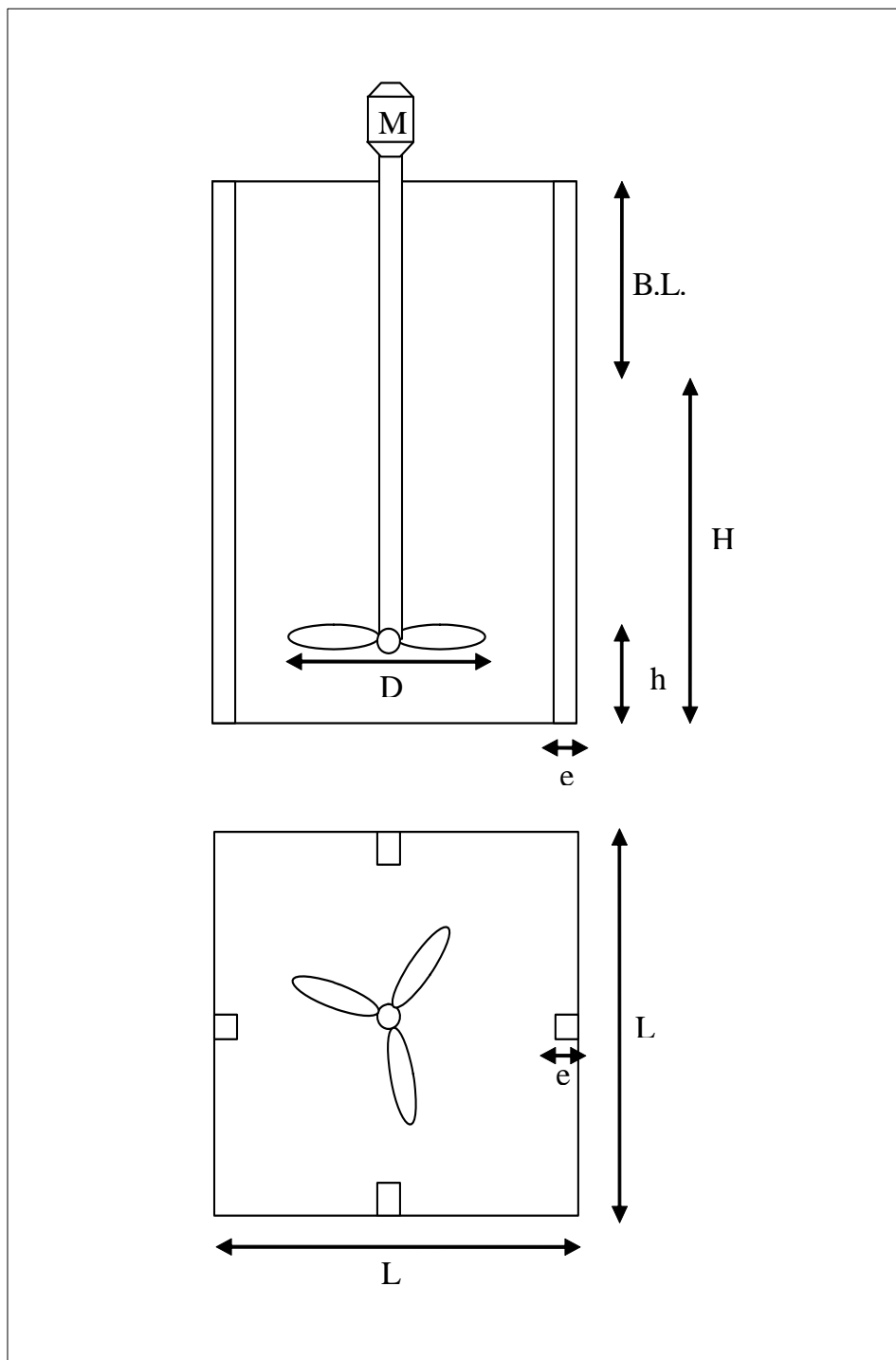


Figura 4 Ilustra o projeto do reservatório de acordo com Parlatore.



CONCLUSÕES

O tratamento desse rejeito terá um custo financeiro desprezível para a Companhia, principalmente quando tal custo é comparado à importante manutenção da qualidade ambiental e da saúde humana, que são primazias da Companhia.

Quanto aos agentes precipitantes, o Hidróxido de Cal e Óxido de Cal não tiveram o resultado esperado, pois não se fez com que o Cromo existente no sistema, fosse sedimentado junto com o lodo e seu volume adicionado ao rejeito foi superior ao volume do jarro 0,2 L.

Já os resultados do Hidróxido de Sódio permaneceram próximos ao do Carbonato de Sódio (barrilha), só que seu volume adicionado ao sistema para neutralização e sedimentação foi superior.

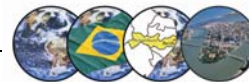
Recomenda-se utilizar o agente precipitante - Carbonato de Sódio (barrilha), pois foi o que melhor resultado apresentou, tanto os resultados analíticos como o volume utilizado para a neutralização foram menores.

Observou-se que utilizando os Efluentes das estações a turbidez aumentou significativamente, mas permaneceu ainda dentro do limite permitido pelo CONAMA para condições de lançamento de Efluentes.

- i. Tanto o pH e o teor de cromo também ficaram abaixo do limite exigido pelo CONAMA.
- ii. Com estes resultados pode-se aproveitar o sobrenadante para reuso ou descartá-lo no tratamento de esgoto sem prejuízos para a planta.
- iii. Quanto à destinação do lodo que é formado no processo, recomendam-se estudos futuros para destinação final do mesmo.
- iv. O estoque do resíduo poderá ser feito como já ocorre hoje nas ETEs Gama e Melchior, que são estocados em bombonas fechadas de 50 L, que é encontrada na seção de suprimentos da companhia.
- v. Sugere-se que o gerenciamento do resíduo seja feito por cada estação, e que a mesma se responsabilize em levar o resíduo uma vez por mês para o local onde for instalada a unidade de tratamento.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. AFONSO, Júlio Carlos; NORONHA, Leandro Anido; FELIPE, Renata P. FREIDINGER, Nicolas. **Gerenciamento de resíduos laboratoriais: recuperação de elementos e preparo para descarte final**. Química Nova, v. 26, n. 4, 2003.
2. ALGERGUINI, Leny B. A.; SILVA, Luís Carlos da; REZENDE, Maria Olímpia de O. **Tratamento de resíduos químicos: Guia prático para a solução dos resíduos químicos em instituições de ensino superior**. S. Paulo: Rima, 2005, 104 p.
3. AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION / AMERICAN WATER WORKS ASSOCIATION / WATER ENVIRONMENT FEDERATION. **Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater**. 20 ed. Washington: APHA / AWWA / WEF, 1998.
4. CAESB, Companhia de Saneamento Ambiental do Distrito Federal. **Dados obtidos na Superintendência de Operação, Manutenção e Tratamento de Esgotos - POE/DP**. Brasília, 2007.
5. CLAAS, Isabel C. e MAIA, Roberto A. M. apud NUNES, José A. **Tratamento físico-químico de águas residuárias industriais**. 3. ed. rev. aum. Aracaju: Triunfo. 2001. 298p.
6. COSTA, Antônio Celso S.; ASSIS, Júlio César R.; TORRES, André Luís C.; FERREIRA, Sérgio Luís C.; KORN, Maria das Graças A.; TEIXEIRA, Leonardo S. G. **Uso da irradiação de microondas na determinação espectrofotométrica de cromo com EDTA**. Química Nova, v. 22, n. 2, 1999.
7. ESMAEILI, Abass; MESDAGHI, Nia; VAZIRINEJAD, Reza. **Chromium (III) removal and recovery from tannery wastewater by precipitation process**. American Journal of Applied Sciences. v. 2 (10), p. 1471-1473, 2005.
8. FELIZATTO, Mauro Roberto. **Reúso de Água em Piscicultura no Distrito Federal: Potencial para Pós-Tratamento de Águas Residuárias Associado à Produção de Pescado**. Brasília, 2000. Dissertação (Mestrado em Tecnologia Ambiental e Recursos Hídricos) – Universidade de Brasília, Brasília, 2000. 175p.



9. HARRIS, Daniel C. Análise Química Quantitativa. Tradução de Carlos A. da Silva Riehl e Alcides W. Serpa Guarino: **Quantitative Chemical Analysis**. R. de Janeiro: Livros Técnicos e Científicos. 2001. 862p.
10. HOPPEN, Cinthya; PORTELLA, Kleber F.; JOUKOSKI, Alex; TRINDADE, Eduardo M.; ANDRÉOLI, Cléverson V. **Uso de lodo de tratamento de água centrifugado em matriz de concreto de cimento Portland para reduzir o impacto ambiental**. Química Nova, v. 29, n.1, 2006.
11. LEE, J. D. Química Inorgânica Não Tão Concisa . Tradução de Henrique E.Toma, Koiti Araki e Reginaldo C. Rocha: **Concise Inorganic Chemistry**. S. Paulo: E. Blücher. 1999. 527p.
12. NUNES, José A. **Tratamento físico-químico de águas residuárias industriais**. 3. ed. rev. aum. Aracajú: Triunfo. 2001. 298p.
13. PASCHOALINO, Matheus P.; ALFAYA, Antônio Alberto da S.; YABE, Maria Josefa S.; GIMENEZ, Sônia Maria N. **Incorporação de CuSO₄ residual, como método de disposição final**. Química Nova, v. 29, n. 4, 2006.
14. PIETROBON, Carmem Lúcia da R.; ANDRADE, Cid Marcos G.; COLANZI, J.; Barros, Iuri B. de B.; BERGAMASCO, Rosângela; PIETROBON, Cláudio E. **Lixiviação de contaminantes de compostos de lodo-cimento**. Acta Scientiarum. Technology, v. 26, p. 45-52, 2004.
15. PORTO, João Paulo P.; CORREIA, Júlio César G.; RIBEIRO, Roberto Carlos da C. **Utilização do rejeito final da remoção de cromo por esmectita em Síntese Orgânica**. [Relatório de Atividades]. R. de Janeiro: UERJ. [200-].
16. SÃO PAULO. Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental. **Tipos de Acidentes**. Disponível em: <<http://www.cetesb.sp.gov.br/emergencia/acidentes/descarte/cenarios.asp>>. Acesso em 18 maio 2007.
17. VON SPERLING, Marcos. **Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos**. Belo Horizonte: UFMG/DESA. 1996. 245p.
18. FREITAS, Tânia Christina Marchesi de; Melnikov Petr. **O uso e os impactos da reciclagem de cromo em indústrias de curtume em Mato Grosso do Sul, Brasil**. Eng. Sanitária e Ambiental vol.11 no. 4 Rio de Janeiro Oct./Dec. 2006. Disponível em <[HTTP://www.<](http://www.EngSanitaria.com.br)>. Acesso em: 25 maio 2007.
19. NOLASCO, Felipe Rufine, *et. al.* **Implantação de programas de gerenciamento de resíduos químicos laboratoriais em universidades: Análise crítica e recomendações**. São Paulo: Engenharia Sanitária e Ambiental v.11, n 2, abr/jun 2006, 118-124. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/esa/v11n2/30471.pdf>>. Acesso em: 22 maio 2007.
20. MÖLLER, L.; SPERLING, E. V. . Saneamento e Meio Ambiente. In: DESA/GTZ. (Org.). **Manual de Saneamento e Proteção Ambiental para os Municípios**. v. 2: Saneamento". 1 ed. Belo Horizonte: DESA/GTZ, 1995, v. 2, p. 33-49.