

UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E MEIO AMBIENTE
ESPECIALIZAÇÃO EM SANEAMENTO E MEIO AMBIENTE

**Avaliação do desempenho do sistema de tratamento de
efluente do curtume do município de Campo Belo - MG.**

Juliana da Cunha Ferreira Carvalho

Belo Horizonte

2011

Juliana da Cunha Ferreira Carvalho

**Avaliação do desempenho do sistema de tratamento de
efluente do curtume do município de Campo Belo - MG.**

Monografia apresentada ao curso de Especialização do
Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental da
Universidade Federal de Minas Gerais, como requisito
parcial à obtenção do título de Especialista em
Saneamento e Meio Ambiente.

Orientador: Prof^a. Dra. Liséte C. Lange

Belo Horizonte
Escola de Engenharia da UFMG

2011

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus, que sempre iluminou meus caminhos e permitiu que eu chegasse até aqui.

Aos meus pais Ornélio e Jandira, minha irmã Polyana e meu namorado Paulo, por acreditarem em mim e, mesmo em meio às dificuldades, sempre me apoiaram para que eu seguisse em frente.

A todos os amigos que encontrei ao longo do caminho e que tornaram mais suave a caminhada.

Aos professores que mais do que disciplinas nos passam lições de vida; em especial à Prof.^a Dra. Liséte C. Lange que aceitou a missão de ser minha orientadora: muito obrigada por acreditar em mim.

A todos os funcionários da Curtidora Luciano Ltda pelo apoio e pela ajuda nas pesquisas de dados.

À UFMG – Universidade Federal de Minas Gerais.

Enfim, agradeço a todos que direta ou indiretamente contribuíram para a realização desta pós-graduação e deste trabalho.

RESUMO

O presente trabalho apresenta os resultados obtidos em 15 análises durante os anos de 2008 a 2011 de monitoramento de um sistema de tratamento de efluentes de um curtume no município de Campo Belo/MG. O tratamento mostrou-se amplamente eficiente. A eficiência na remoção de DBO situou-se na média de 87% e DQO uma média de 93%, considerada bastante elevada, relacionado com a literatura. O cromo reduziu, de valores entre 0,03 e 0,05 mg/L no efluente. As concentrações de sólidos suspensos totais, sólidos sedimentáveis, óleos e graxas e sulfeto também apresentaram reduções muito boas. Os resultados, bastante promissores, reforçam o posicionamento de que o tratamento pode constituir-se em uma tecnologia bastante aplicada aos curtumes de pequeno e médio porte.

LISTA DE FIGURAS E GRÁFICOS

FIGURA 1: Vista satélite da Curtidora Luciano Ltda.....	18
FIGURA 2: Sistema de Tratamento do Efluente da Curtidora Luciano Ltda.....	20
FIGURA 3: Programa para análise de concentrações e eficiências de parâmetros.....	23
GRÁFICO 1: Série temporal da DBO (mg/l) afluyente e efluente.....	27
GRÁFICO 2: Série temporal da DQO (mg/L) afluyente e efluente.....	28
GRÁFICO 3: Série temporal do pH afluyente e efluente.....	29
GRÁFICO 4: Série temporal dos Óleos e Graxas (mg/L) afluyente e efluente.....	30
GRÁFICO 5: Série temporal dos Sólidos Sedimentáveis (mL/L) afluyente e efluente.....	30
GRÁFICO 6: Série temporal dos Sólidos Suspensos Totais (mg/L) afluyente e efluente.....	31
GRÁFICO 7: Série temporal do Sulfeto (mg/L) afluyente e efluente.....	32
GRÁFICO 8: Série temporal da Temperatura (C°) afluyente e efluente.....	32
GRÁFICO 9: Série temporal do Cromo total (mg/L) afluyente e efluente.....	33
GRÁFICO 10: Box Plot da eficiência da DBO (mg/L) efluente.....	34
GRÁFICO 11: Box Plot da eficiência da DQO (mg/L) efluente.....	34
GRÁFICO 12: Box Plot da eficiência dos Óleos e Graxas (mg/L) efluente.....	35
GRÁFICO 13: Box Plot da eficiência dos Sólidos Sedimentáveis (mL/L) efluente.....	35
GRÁFICO 14: Box Plot da eficiência dos Sólidos Suspensos Totais (mg/L) efluente.....	36
GRÁFICO 15: Box Plot da eficiência do Sulfeto (mg/L) efluente.....	36
GRÁFICO 16: Box Plot da eficiência do Cromo total (mg/L) efluente.....	37

LISTA DE TABELAS

TABELA 1 – Resultados das análises afluente e efluente nos anos de 2008 a 2011.....25

TABELA 2 – Atendimento ou não à legislação vigente no estado de minas gerais.....37

LISTA DE ABREVIATURAS, SIGLAS E SÍMBOLOS

CETESB – Companhia Estadual de Saneamento Básico

CONAMA – Conselho Nacional do Meio Ambiente

COPAM – Conselho Estadual de Política Ambiental

COV - Compostos Orgânicos Voláteis

DBO – Demanda Bioquímica de Oxigênio

DQO – Demanda Química de Oxigênio

DN – Deliberação Normativa

E.T.E – Estação de Tratamento de Efluente

FEAM – Fundação Estadual do Meio Ambiente

IGAM – Instituto Mineiro de Gestão das Águas

SENAI – Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial

SUMÁRIO

AGRADECIMENTOS	iii
RESUMO	iii
LISTA DE FIGURAS E GRÁFICOS	iii
LISTA DE TABELAS	iv
LISTA DE ABREVIATURAS, SIGLAS E SÍMBOLOS	v
1 INTRODUÇÃO	1
2 OBJETIVOS.....	2
2.1 OBJETIVO GERAL	2
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	2
3 REVISÃO DA LITERATURA	3
3.1 DESCRIÇÃO DO PROCESSO INDUSTRIAL	3
3.1.1 <i>Processo de ribeira</i>	4
3.1.2 <i>Processo de curtimento</i>	5
3.1.3 <i>Processo de acabamento</i>	6
3.2 IMPACTOS AMBIENTAIS.....	6
3.2.1 <i>Insumos Utilizados</i>	6
3.2.2 <i>Rejeitos Gerados</i>	9
3.3 LEGISLAÇÃO PERTINENTE AO EFLUENTE DE CURTUME.....	11
3.4 TRATAMENTOS APLICADOS AO EFLUENTE DE CURTUME.....	13
3.4.1 <i>Tratamento Preliminar</i>	13
3.4.2 <i>Tratamento Primário</i>	15
3.4.3 <i>Tratamento Secundário</i>	16
4 METODOLOGIA.....	18
4.1 CARACTERIZAÇÃO DO LOCAL DE ESTUDO	18
4.1.1 <i>Localização</i>	18
4.1.2 <i>Histórico</i>	18
4.1.3 <i>Área de atuação</i>	19
4.1.4 <i>Sistema de tratamento do efluente</i>	20
4.2 AMOSTRAGEM.....	21
4.3 PARÂMETROS ANALISADOS	21
4.4 ANÁLISE DOS DADOS	23
5 RESULTADOS E DISCUSSÃO	24
5.1 ANÁLISE GLOBAL DOS DADOS DE MONITORAMENTO.....	24
5.2 VARIAÇÃO TEMPORAL PARA CADA PARÂMETRO	27
5.2.1 <i>DBO</i>	27
5.2.2 <i>DQO</i>	28
5.2.3 <i>pH</i>	28

5.2.4	Óleos e Graxas	29
5.2.5	Sólidos Sedimentáveis	30
5.2.6	Sólidos Suspensos Totais.....	31
5.2.7	Sulfeto.....	31
5.2.8	Temperatura	32
5.2.9	Cromo Total	33
5.3	EFICIÊNCIA DE REMOÇÃO PARA CADA PARÂMETRO.....	33
5.3.1	DBO	33
5.3.2	DQO	34
5.3.3	Óleos e graxas.....	34
5.3.4	Sólidos sedimentáveis.....	35
5.3.5	Sólidos Suspensos Totais.....	35
5.3.6	Sulfeto.....	36
5.3.7	Cromo total	36
5.4	ATENDIMENTO OU NÃO A LEGISLAÇÃO	37
6	CONCLUSÃO	40
	REFERÊNCIAS	41

1 INTRODUÇÃO

O acelerado desenvolvimento ocorrido nos últimos anos, consequência da implantação de uma sociedade eminentemente industrial, tem causado graves problemas ambientais.

O Brasil possui o segundo maior rebanho bovino mundial, superado apenas pela Índia e seguido pela China e Estados Unidos. Mesmo que o principal objetivo seja a produção de carne, existem no território brasileiro aproximadamente 800 empresas ligadas ao curtimento, dentre outras, de preparação de couro (AZEVEDO NETTO, 1992).

No final do processo de curtimento é gerada uma grande quantidade de efluentes. Segundo Braile e Cavalcanti (1993), dentre as diversas etapas realizadas no processo de curtimento das peles, o remolho, caleação, lavagem, piquelagem e purga são responsáveis por 65% dos despejos. Os 35% restantes são gerados nas etapas de curtimento de acabamento e lavagem final, porém, estas duas últimas atividades são responsáveis por 60% da DBO presente no efluente, sendo os 40% restantes provenientes das cinco primeiras atividades.

A poluição hídrica causada pelos efluentes líquidos gerados nas indústrias de curtimento é bastante elevada. Dentre os principais poluentes presentes nos despejos de um curtume destacam-se a DBO, DQO, sólidos em suspensão, amônia, sulfetos e cromo, todos estes presentes em elevadas concentrações. A tecnologia frequentemente mais adotada, a nível mundial, é constituída por unidades de tratamento físico-químico, para a precipitação do cromo e a oxidação dos sulfetos, seguidas por unidades de tratamento biológico, usualmente lodos ativados ou lagoas aeradas. No entanto, dado o perfil típico dos curtumes brasileiros, e em especial no Estado de Minas Gerais, em que a indústria é basicamente familiar, de pequeno ou médio porte, com tecnologias de processamento retrógradas, e sem recursos para grandes investimentos na área de depuração de efluentes, acredita-se que esta tecnologia de tratamento não é plenamente aplicável à nossa realidade

Este trabalho propõe analisar a eficiência do sistema de tratamento de efluente de curtume implantado em uma curtidora no município de Campo Belo (MG), que consiste nos tratamentos preliminares, tratamentos físico-químicos e tratamento biológico.

2 OBJETIVOS

2.1 *Objetivo Geral*

Avaliar o desempenho, quanto à remoção de poluentes, do sistema de tratamento de efluente do curtume do município de Campo Belo - MG.

2.2 *Objetivos Específicos*

- Analisar os dados de monitoramento físico, químico e biológico, realizados no período de 2008 a 2011;
- Avaliar o desempenho global do sistema de tratamento;
- Avaliar o atendimento a legislação ambiental referente a padrões de lançamento de efluentes líquidos oriundos de curtumes.

3 REVISÃO DA LITERATURA

3.1 *Descrição do processo industrial*

Couro, de forma geral, é uma pele animal que passou por processos de limpeza, de estabilização (dada pelo curtimento) e de acabamento, para confecção de calçados, peças de vestuário, revestimento de mobília e de estofamentos de automóveis, bem como de outros artigos (PACHECO, 2005).

O processo de transformação da pele em couro envolve inúmeras etapas e consome grande quantidade de água e insumos químicos gerando, conseqüentemente, consideráveis volumes de efluente a ser tratado. A pele, depois de ser retirada do animal, pode aguardar até quatro horas para ser processada sem necessidade de conservantes. Após este período é indispensável que sejam interrompidas todas as causas que favorecem sua decomposição a fim de garantir sua integridade até o início do beneficiamento (STREIT, 2006).

Segundo Pacheco (2005), os curtumes são classificados em função da realização parcial ou total das etapas de processos, sendo classificados em:

- Curtume integrado: realiza todas as operações, desde o couro cru até o totalmente acabado.
- Curtume “wet blue” (devido ao aspecto úmido e azulado do couro após o curtimento): processa desde o couro cru até o curtimento ao cromo ou descanso/enxugamento após o curtimento.
- Curtume de semi-acabado: utiliza o couro “wet blue” como matéria-prima e o transforma em couro semi-acabado, também chamado de “crust”.
- Curtume de acabamento: transforma o couro “crust” em couro acabado. Correspondendo as etapas de cavaletes ou estiramento ou secagem até o final (estoque/expedição de couros acabados). Os curtumes que processam o “wet blue” até o seu acabamento final, também podem ser classificados nessa categoria.

O processo de transformação da pele em couro é geralmente dividido em três etapas: ribeira, curtimento e acabamento. Na etapa ribeira ocorre a preparação por processos químicos e mecânicos. No curtimento ocorre a regularização mecânica da espessura, neutralização e recurtume, tingimento, engorduramento, secagem e amaciamento. O acabamento é essencialmente mecânico, onde se confere as características pretendidas de aspecto, elasticidade, toque e macieza (FLORES, 2008).

3.1.1 Processo de ribeira

O processo de ribeira se subdivide em alguns processos, iniciando com o pré-molho.

O pré-molho é o processo que visa a lavagem do sal, como preparação ao pré-descarne (STREIT, 2006).

As peles salgadas ou secas passam por um pré-molho que tem por objetivo repor o teor de água das peles quando essas recobriam o animal. Pode ser necessária a utilização de agentes auxiliares como sais (NaOH , Na_2CO_3 , Na_2S , NaHCO_3), bases (NaOH , NH_4OH), ácidos (HCOOH), rensoativos, bactericidas e enzimas (HOINACKI, 1989).

Logo após inicia-se o pré-descarne, uma operação mecânica, realizada em máquina de descarnar, que tem por finalidade retirar da parte inferior da pele (carnal) resíduos de gordura, restos de carne ou fibras deixados na esfolia do animal.

Em seguida passa-se pelo processo de remolho, que tem por finalidade repor a quantidade original de água da pele (60-70%) e limpá-la eliminando impurezas aderidas aos pêlos, bem como extrair proteínas e materiais interfibrilares.

Na depilação/caleiro, processo que tem como principal função remover os pêlos e o sistema epidérmico, preparando a pele para as operações posteriores, ocorre a remoção de pêlos e o sistema epidérmico. O processo mais utilizado é o de Ca-sulfeto ($\text{Na}_2\text{S} + \text{CaOH}_2$); outros processos também podem ser usados dependendo do tipo de pele. Estes podem utilizar amina e álcalis, bactericidas, enzimas e ClO_2 (SEGATTO, 2002).

Na operação de descarne a pele é dividida em duas camadas. Uma superior, denominada flor e outra inferior, denominada raspa.

A desengalagem é o próximo processo que visa a remoção das substâncias alcalinas anteriormente adicionadas na etapa da depilação/caleiro.

Na desengalagem remove-se substâncias alcalinas, livres ou combinadas, das peles que foram submetidas às operações de depilação e caleiro. Nesta operação são utilizados compostos como sais amoniacais, sais ácidos, ácidos orgânicos e ácido bórico (único inorgânico) (SEGATTO, 2002).

Por conseguinte o processo denominado purga, ou seja, limpeza da estrutura fibrosa da pele por ação enzimática.

Na purga eliminam-se os materiais queratinosos degradados; faz-se a digestão parcial destes materiais e sisões nas gorduras, utilizando enzimas proteolíticas e mais recentemente bolores como *Aspergillus niger* e *Aspergillus orizal*. São utilizados sais amoniacaais para afrouxar certas ligações favorecendo a ação das enzimas (SEGATTO, 2002).

Terminando o processo de ribeira, depois da purga, passa pelo píquel, processo salino-ácido que visa preparar as fibras colágenas para a penetração dos agentes curtentes.

O píquel prepara as fibras colágenas para a penetração dos agentes curtentes. O processo mais utilizado é o NaCl (6-10%)-H₂SO₄ (1-1,5%), podendo também ser empregado ácido fórmico, acético, clorídrico ou ácido sulfônicos aromáticos (SEGATTO, 2002).

3.1.2 Processo de curtimento

Processo que consiste na reação química de grupos terminais da proteína (tanto carboxílicos, quanto amínico). Com substância curtentes minerais ou vegetais. Isto faz com que a pele torne-se estável, ou seja, resistente a putrefação e ação de microrganismos. A partir daí, a pele curtida passa a denominar-se couro (SEGATTO, 2002).

Os curtentes inorgânicos mais utilizados são: sais de cromo, sais de zincônio, sais de alumínio e sais de ferro. Os orgânicos são: taninos vegetais, taninos sintéticos, aldeídos, parafinas sulfacloradas e resinas acrílicas.

Nesta etapa, também são utilizados compostos auxiliares como sulfito de sódio, sulfato de sódio, formiato de sódio, adipatos, lactatos. Nas soluções curtentes também são utilizados glicose, glicerina, sacarose ou SO₂, H₂SO₄ e bromato de sódio (HOINACKI, 1989).

O couro passa então pelo enxágüe e rebaixamento para igualar sua espessura. Na neutralização o pH é elevado de 3,8-4,0 para 4,6-5,2 ou 5,2-5,7, dependendo da utilização do couro. Os agentes de neutralização são: bicarbonato de sódio, bórax, bicarbonato de amônio, sulfeto de sódio, formiato de sódio, formiato de cálcio, acetato de sódio, tiosulfato de sódio, polifosfatos e sais de taninos sintéticos (SEGATTO, 2002).

3.1.3 Processo de acabamento

Antes do processo de tingimento e acabamento, o couro deve passar por um recurtimento que corrige a flor, permite o lixamento, amacia o couro e permite a estampagem. O recurtimento pode ser efetuado com sais de cromo, alumínio, zircônio, taninos vegetais e sintéticos, resinas acrílicas, melaminícas, uréicas, dicianodiamídicas e glutaraldeídos (HOINACKI, 1989).

No tingimento empregam-se corantes a base de anilinas que podem ser sais de ácido sulfônico, azóicos, corantes básicos ou corantes complexo-metálicos. O pH varia conforme o corante e o fixador utilizado.

O engraxe confere a maciez ao couro. São utilizados óleo na forma de emulsão com temperatura de trabalho entre 60 e 65 C°. O pH varia conforme o processo utilizado. Após, há uma lavagem e secagem dos couros até um conteúdo de umidade de 14% para uniformizar o couro. Na sequência o couro é amaciado e lixado. Só então, aplicadas uma camada de pré-fundo, uma segunda camada de pigmentação e uma terceira camada de lustro e proteção das camadas subjacentes. Por último o couro sofre prensagem, lustro e medição e está pronto para comercialização (SEGATTO, 2002).

3.2 Impactos ambientais

3.2.1 Insumos Utilizados

a. Água

No processo geral de curtumes, o volume de água utilizado pode variar em função de diferenças de matérias-primas, de processos, de práticas operacionais e de gerenciamento (CETESB, 2005).

De acordo com o Centro Tecnológico do Couro, SENAI - Rio Grande do Sul, o consumo total médio atual do setor brasileiro está estimado em 25-30 m³ água / t pele salgada – cerca de 630 litros água / pele salgada, em média.

Já segundo o autor Rao (2003), a indústria do couro emprega cerca de 30-40 L água por Kg e pele processada.

Desta forma, verifica-se que água é um insumo importante na operação dos curtumes (na formulação dos banhos de tratamento e nas lavagens das peles) e dependendo da sua produção e do local onde opera, o impacto de consumo nos mananciais da região pode ser significativo (CETESB, 2005).

b. Energia

A energia consumida pelos curtumes, assim como outros insumos, depende de aspectos como tipo, capacidade e quantidade de produção, tipo e estado dos equipamentos, tipo de tratamento de efluentes, existência de práticas para a eficiência energética, entre outros (CETESB, 2005).

Assim, a faixa de variação de consumo é muito ampla, de 2.600 a 11.700 kWh por tonelada de peles salgadas. Energia térmica é necessária para processos como secagem dos couros e obtenção de água quente ou aquecimento dos banhos de processo; energia elétrica, para equipamentos em geral e iluminação (CETESB, 2005).

Normalmente, os consumos mais significativos ocorrem na secagem dos couros, no aquecimento de água / banhos e nos equipamentos da estação de tratamento de efluentes, notadamente onde há processos aeróbios, com agitação vigorosa e nos fulões (CETESB, 2005).

c. Produtos químicos

Segundo Pacheco (2005), os principais produtos químicos utilizados nas etapas conservação / armazenamento das peles e ribeira são:

Conservação / Armazenamento das Peles:

- ✓ Sal comum (cloreto de sódio, 40-45% sobre o peso bruto das peles); eventualmente, inseticidas ou biocidas: piretrum (natural, extraído de folhas de crisântemo), permetrin (derivado sintético de piretrum), para diclorobenzeno, sílico-fluoreto de sódio, bórax.

Ribeira:

- ✓ Pré- remolho: Água (~150-200% em relação ao peso total bruto de pele salgada inicial, duração 10 min – 1 hora, dependendo do estado de conservação das peles). Banho normalmente descartado (efluente).
- ✓ Remolho: Água (~100-1000%, dependendo do tipo de pele e do equipamento), álcalis (p.ex., soda cáustica, bicarbonato de sódio), hipoclorito de sódio, tensoativos (detergentes, que podem ser fenólicos – nonilfenoletoxilado - álcoois graxos sulfatados, organo-fosfatados – 0,1-0,2%), enzimas ou produtos enzimáticos. Banho normalmente descartado (efluente).
- ✓ Depilação/Caleiro: Água (~1-4%), sulfidrato de sódio, soda cáustica, aminas (p.ex., sulfato de dimetilamina), ácido mercaptoacético, glicolato de sódio, sulfeto de bário e mais recentemente, enzimas e/ou seus preparados. Banho descartado ou reciclado para a mesma etapa (em alguns curtumes).
- ✓ Descalcinação / Desencalagem: Água (~20-30%), ácidos (~0,5-2,0% - sulfúrico, clorídrico, láctico, fórmico, acético, glioxílico, cítrico, oxálico, bórico e suas misturas), sais ácidos, cloreto e/ou sulfato de amônio, bissulfito de sódio, peróxido de hidrogênio. Uso de CO₂ é alternativa recente aos sais de amônia. Banho normalmente utilizado para a etapa seguinte.
- ✓ Purga: Cloreto de amônio e enzimas proteolíticas, normalmente pancreáticas (~1-5%) ou produto que as contenha, adicionados sobre o banho da etapa anterior (desencalagem). Banho normalmente descartado (efluente).
- ✓ Píquel: Água (~60-100%), sal comum (cloreto de sódio, ~5-10%) ou sulfato de sódio, ácidos (~0,6-1,5% - sulfúrico, clorídrico, acético ou fórmico, sulfônico aromático ou suas misturas). Alguns fungicidas podem ser usados: tiobenzotiazol, para-clorometacresol, paranitrofenol, tri ou pentaclorofenol, betanaftol e fungicidas à base de mercúrio. No entanto, todos estes são bastante ou relativamente tóxicos ao homem e ao ambiente – há preocupação em evitar o seu uso, em alguns países. Banho descartado ou utilizado para a etapa de curtimento.
- ✓ Desengraxe (peles não bovinas): Solventes – água raz, querosene, monoclorobenzeno e percloroetileno, para peles de ovelha. Carbonato de sódio, para peles suínas.

3.2.2 Rejeitos Gerados

a. Efluentes Líquidos

Segundo Ganem (2007), o volume produzido na ribeira é de 67,6%, seguido do curtimento, 21,7% e do acabamento, 10,7%.

As águas das operações de ribeira são fortemente alcalinas e esbranquiçadas (cal em excesso) e contêm sebo, pêlos, tecido muscular, gordura e sangue, em suspensão. Em solução, sais (principais ânions - sulfeto, sulfato, cloreto; principais cátions - sódio, cálcio, amônio), proteínas e aminoácidos diversos; em menor quantidade, tensoativos (detergentes), aminas e eventualmente alguns conservantes ou biocidas e inseticidas (produtos orgânicos) (CETESB, 2005).

O beneficiamento da carnaça, gerada nos descarnes, para obtenção de sebo, graxa ou gordura, gera um volume de efluentes relativamente pequeno. No entanto, tais efluentes apresentam concentrações elevadas de sólidos em suspensão, proteínas dissolvidas e pH na faixa ácida (CETESB, 2005).

Os efluentes líquidos provenientes das operações de píquel e curtimento contêm, principalmente, sal (cloreto de sódio), ácidos minerais (sulfúrico, clorídrico), orgânicos (lático e fórmico), cromo e/ou taninos (orgânicos polifenólicos), proteínas e eventualmente, alguns fungicidas (orgânicos aromáticos), em pequenas quantidades. São águas turvas, de cor verde escura (curtimento ao cromo) ou castanhas (curtimento por taninos), que apresentam pH ácido, podendo ter altas concentrações de DQO e DBO, conforme o curtente utilizado (CETESB, 2005).

As principais águas residuais das operações de acabamento molhado ou pós-curtimento e de acabamento, normalmente apresentam certo teor de cromo (do enxugamento e por vezes, do recurtimento), sais diversos (da neutralização), cores diversas, devido aos corantes utilizados (do tingimento), muitos à base de anilina, azo-corantes e temperatura mais elevada. Outras operações destes três grupos de etapas não apresentam efluentes líquidos ou estes são pouco significativos (CETESB, 2005).

A fase de ribeira, até a etapa anterior ao curtimento, é a responsável pela maior parte das cargas poluentes e tóxicas dos efluentes de curtumes. Por exemplo, o sulfeto, presente nos efluentes da ribeira, é mais tóxico para o ser humano do que o cromo do curtimento, considerando que este está na sua forma trivalente. A sub-etapa principal contribuinte para este alto potencial poluidor da ribeira é a depilação/caleiro (CETESB, 2005).

Considerando-se um peso médio de 23 kg/pele salgada e uma carga orgânica média de esgoto doméstico de 54 g DBO/habitante.dia, o potencial poluidor de carga orgânica biodegradável de um curtume integrado, que processe 3.000 peles/dia, seria equivalente ao de uma população de cerca de 85.600 habitantes. Assim, vê-se que o impacto ambiental potencial dos efluentes líquidos é significativo (CETESB, 2005).

b. Emissões Atmosféricas / Odores

Normalmente as emissões dos curtumes são compostos voláteis gerados nas várias operações dos curtumes, que causam odores, por vezes perceptíveis fora dos limites destas indústrias e até problemas de saúde ocupacional, dependendo das instalações e dos procedimentos operacionais destes curtumes (CETESB, 2005).

Na “barraca” (armazenamento de matéria-prima – peles), principalmente amônia é emitida, proveniente da decomposição parcial da proteína das peles (CETESB, 2005).

Na fase molhada (ribeira até pré-acabamento), segundo Ganem (2007), os principais gases liberados pelos curtumes, causadores de odores desagradáveis são o gás sulfídrico e amônia, altamente tóxicos. Já no acabamento, são liberados compostos orgânicos voláteis (COV).

c. Resíduos Sólidos

Dentro do processo produtivo do couro, pode-se destacar os seguintes resíduos sólidos como sendo os de maior geração: aparas não caleadas e caleadas, carnaça, material curtido (farelo de rebaixadeira e aparas / tiras curtidas) e lodos dos sistemas de tratamento dos efluentes líquidos (CETESB, 2005).

Considerando-se concentração típica de 2% de matéria seca para lodos das saídas dos decantadores primário e secundário da ETE (homogeneizados), isto significa, em média, cerca

de 7.500 kg lodo / t pele salgada ou 500 kg lodo / t pele salgada, se desaguado até 30% de matéria seca (CLAAS, 1994).

Dependendo de como os efluentes gerados no processo são recolhidos e encaminhados para tratamento, do tipo desse tratamento e da operação da ETE (por exemplo, não havendo segregação dos efluentes do curtimento ao cromo, para sua precipitação), seu lodo geral final pode conter teores significativos de cromo (trivalente) – até cerca de 10.000 ppm ou 1,0 % (base seca) e de outros poluentes (CLAAS, 1994).

Estes resíduos, se tratados e dispostos de forma inadequada, podem ter impacto ambiental significativo, contaminando o solo, as águas superficiais e também as águas subterrâneas (CETESB, 2005).

Outro impacto ambiental possível de alguns resíduos sólidos é o odor causado por substâncias provenientes de sua degradação microbiana, que pode ser intenso o suficiente para incomodar a população vizinha aos curtumes (CETESB, 2005).

3.3 *Legislação Pertinente ao Efluente De Curtume*

A legislação atualmente vigente que trata de questões relativas ao efluente de curtume é a Deliberação Normativa COPAM/CERH-MG Nº 1 de 05 de maio de 2008. Esta por sua vez, dita que os efluentes de qualquer fonte poluidora somente poderão ser lançados, direta ou indiretamente, nos corpos de água, após o devido tratamento e desde que obedeçam às condições, padrões e exigências dispostos nesta Deliberação Normativa e em outras normas aplicáveis (MINAS GERAIS, 2008).

Os valores destes padrões se encontram descritos no Art. 19, § 4o da mesma norma, parâmetros estes que serão descritos a seguir:

I - pH entre 6,0 a 9,0;

II - temperatura: inferior a 40° C, sendo que a variação de temperatura do corpo receptor não deverá exceder a 3°C no limite da zona de mistura;

III - materiais sedimentáveis: até 1 mL/L em teste de 1 hora em cone imhoff. Para o lançamento em lagos e lagoas, cuja velocidade de circulação seja praticamente nula, os materiais sedimentáveis deverão estar virtualmente ausentes;

IV - regime de lançamento com vazão máxima de até 1,5 vezes a vazão média do período de atividade diária do agente poluidor, exceto nos casos permitidos pela autoridade competente;

V - óleos e graxas:

a) óleos minerais: até 20mg/L;

b) óleos vegetais e gorduras animais: até 50mg/L.

VI - ausência de materiais flutuantes;

VII – DBO: até 60 mg/L ou:

a) tratamento com eficiência de redução de DBO em no mínimo 60% e média anual igual ou superior a 70% para sistemas de esgotos sanitários e de percolados de aterros sanitários municipais; e

b) tratamento com eficiência de redução de DBO em no mínimo 75% e média anual igual ou superior a 85 % para os demais sistemas.

VIII - DQO - até 180 mg/L ou:

a) tratamento com eficiência de redução de DQO em no mínimo 55% e média anual igual ou superior a 65% para sistemas de esgotos sanitários e de percolados de aterros sanitários municipais; e

b) tratamento com eficiência de redução de DQO em no mínimo 70% e média anual igual ou superior a 75 % para os demais sistemas

c) Se tratar de efluentes de indústria têxtil, o padrão será de 250 mg/L; e

d) Se tratar de efluentes de fabricação de celulose Kraft branqueada, o padrão será de 15 Kg de DQO/tonelada de celulose seca ao ar (tSA) para novas unidades ou ampliação. Para as

unidades existentes o padrão será de 20 Kg de DQO/tonelada de celulose seca ao ar (tSA), média diária, e 15 Kg de DQO/tonelada de celulose seca ao ar (tSA), média anual.

IX - Substâncias tensoativas que reagem com azul de metileno: até 2,0 mg/L de LAS, exceto para sistemas públicos de tratamento de esgotos sanitários;

X – Sólidos em suspensão totais até 100 mg/L, sendo 150 mg/L nos casos de lagoas de estabilização.

3.4 Tratamentos Aplicados ao Efluente de Curtume

Os tratamentos podem ser classificados em preliminar, primário, secundário e terciário em função da natureza dos poluentes a serem removidos. O texto a seguir cita apenas os utilizados nos processos caracterizados no decorrer do estudo.

3.4.1 Tratamento Preliminar

Segundo Von Sperling (2005), o tratamento preliminar destina-se principalmente à remoção de sólidos grosseiros e areia. Os mecanismos básicos de remoção são de ordem física. As principais finalidades da remoção dos sólidos grosseiros são: a proteção dos dispositivos de transporte dos esgotos (bombas e tubulações), proteção das unidades de tratamento subseqüentes e proteção dos corpos receptores (VON SPERLING, 2005).

A remoção dos sólidos grosseiros é feita frequentemente por meio de grades, mas pode-se usar também peneiras rotativas, estáticas ou trituradores. No gradeamento, o material de dimensões maiores do que o espaçamento entre barras é retido. Há grades grossas, médias e finas; dependendo do espaço livre entre as barras. A remoção do material retido pode ser manual ou mecanizada (VON SPERLING, 2005).

As peneiras mais utilizadas têm malhas com barras triangulares com espaçamento variando entre 0,5 a 2mm, podendo a limpeza ser mecanizada (jatos de água ou escovas) ou ser estática. No caso de serem utilizadas peneiras em efluentes gordurosos ou com a presença de óleos minerais devem-se utilizar as peneiras com limpeza mecanizada por escovas (GIORDANO, 2004).

A remoção da areia é feita através de unidades especiais denominadas desarenadores. O mecanismo de remoção da areia é simplesmente o de sedimentação: os grãos de areia, devido às suas maiores dimensões e densidade, vão para o fundo do tanque, enquanto a matéria orgânica, sendo de sedimentação bem mais lenta, permanece em suspensão, seguindo para as unidades de jusante (VON SPERLING, 2005).

Segundo o mesmo autor supracitado, as finalidades básicas da remoção da areia são: evitar abrasão nos equipamentos e tubulações; eliminar ou reduzir a possibilidade de obstrução em tubulações, tanques, orifícios, sifões, etc e facilitar o transporte do líquido, principalmente a transferência de lodo, em suas diversas fases.

Há formatos diferentes dos desarenadores, que podem ser retangulares (bastante comuns), quadrados (com fundo semi-cônico) e outros. As caixas de areia podem ser sem aeração (mais comuns) ou aeradas (menos comuns). Existe diversidade de processos para retirada e o transporte da areia sedimentada, desde os manuais até os completamente mecanizados.

Em ETE's tratando efluentes industriais, pode ser necessária a inclusão de um tanque de equalização após o tratamento preliminar. Como a vazão afluyente usualmente varia bastante ao longo das horas do dia, pode ser interessante reduzir esta variação, de forma a facilitar a operação das unidades de jusante, que passam a trabalhar com uma vazão próxima à vazão média. A forma mais usual de se gerar uma vazão aproximadamente constante ao longo do tempo é através de um tanque com nível variável (tanque de equalização), com a vazão efluente sendo retirada por meio de uma bomba, com vazão constante. A vazão efluente deve se aproximar à vazão média diária. Quando a vazão afluyente é superior à vazão efluente (média), o tanque está enchendo, e quando a vazão afluyente é menor que a vazão efluente, o tanque está esvaziando.

Deve-se impedir a sedimentação de sólidos neste tanque, para evitar decomposição anaeróbia e liberação de maus odores. Para manter os sólidos dispersos no meio líquido, são usados misturadores (submersos ou superficiais). Os misturadores superficiais podem ser inclusive aeradores que, além de cumprir a função de mistura, introduzem também oxigênio na massa líquida, mantendo condições de aerobiose. Como o nível d'água no tanque varia, o equipamento de mistura deve trabalhar bem com esta condição variável: misturadores submersos devem permanecer submersos com o nível d'água mínimo, e misturadores superficiais devem ser flutuantes.

3.4.2 Tratamento Primário

Após o tratamento preliminar, ainda há sólidos em suspensão não grosseiros, os quais podem ser parcialmente removidos em unidades de sedimentação. Uma parte significativa destes sólidos em suspensão é compreendida pela matéria orgânica em suspensão (VON SPERLING, 2005).

Assim, remoção por processos simples, como sedimentação, implica na redução da carga de DBO dirigida ao tratamento secundário, onde sua remoção é de certa forma mais custosa. A eficiência de remoção de sólidos em suspensão situa-se em torno de 60 a 70 %, e a de DBO em torno de 25 a 35 % (VON SPERLING, 2005).

Segundo Von Sperling (2005), os tanques de decantação podem ser circulares ou retangulares. Os efluentes fluem vagarosamente através dos decantadores, permitindo a que os sólidos em suspensão, possuindo uma densidade maior do que a do líquido circundante, sedimentem gradualmente no fundo.

Essa massa de sólidos é denominada lodo primário bruto. Ela é retirada por meio de uma tubulação única em tanques de pequenas dimensões ou através de raspadores mecânicos e bombas em tanques maiores. Materiais flutuantes como graxas e óleos, tendo uma menor densidade que o líquido circundante, sobem para a superfície dos decantadores, onde são coletados e removidos do tanque para posterior tratamento (VON SPERLING, 2005).

A eficiência do tratamento primário na remoção de sólidos em suspensão e, em decorrência, DBO, pode ser aumentada através da adição de agentes coagulantes. Isto é denominado tratamento primário avançado. Os coagulantes podem ser sulfato de alumínio, cloreto férrico ou outro, auxiliado ou não por um polímero. O fósforo pode ser também removido por precipitação. A geração de lodo é maior, como resultado da maior quantidade de sólidos removidos do líquido, bem como dos produtos químicos adicionados. O lodo primário pode ser digerido em digestores convencionais, mas em alguns casos pode ser também estabilizado por meio de cal (estabilização alcalina), simplificando o fluxograma, mas aumentando ainda mais a geração de lodo a ser disposto.

3.4.3 Tratamento Secundário

O tratamento secundário inclui as unidades do tratamento preliminar, mas pode ou não incluir as unidades do tratamento primário. Existe uma grande variedade de métodos de tratamento em nível secundário, sendo que os mais comuns são: lagoas de estabilização e variantes; processos de disposição sobre o solo; reatores anaeróbios; lodos ativados e variantes e reatores aeróbios com biofilmes (VON SPERLING, 2005).

O sistema de lodos ativado é amplamente utilizado no mundo, como tratamento de dejetos domésticos e industriais. No entanto o sistema de lodo ativo inclui um índice de mecanização superior ao de outros sistemas de tratamento, implicando em uma operação mais tecnológica e maior consumo de energia (VON SPERLING, 2005).

Existem diversas variantes do processo de lodos ativados, dentre este conceito, um dos sistemas de lodos ativados são lodos ativados convencionais de fluxo contínuo.

São partes integrantes da etapa biológica do sistema de lodos ativados as seguintes unidades: tanque de aeração (reator), tanque de decantação (decantador secundário), elevatória de recirculação de lodo e retirada do lodo biológico excedente.

No reator ocorrem as reações bioquímicas de remoção da matéria orgânica e, em determinadas condições, da matéria nitrogenada. A biomassa se utiliza do substrato presente no esgoto bruto para se desenvolver. No próprio tanque de aeração ocorre a sedimentação dos sólidos (biomassa), permitindo que o efluente final saia clarificado. A biomassa consegue ser facilmente separada no decantador secundário devido à sua propriedade de floculação. Tal fato se deve ao fato das bactérias possuírem uma matriz gelatinosa, que permite a aglutinação das bactérias e outros microrganismos. O floco possui maiores dimensões, o que facilita a sedimentação (VON SPERLING, 1997).

Com a contínua alimentação do sistema pela entrada de efluentes (matéria orgânica), ocorre o crescimento do lodo biológico, sendo esse denominado de excesso de lodo. A eficiência do processo está ligada à relação de cargas orgânicas afluentes (diariamente) e a massa de microorganismos contida no reator (sólidos em suspensão voláteis).

No sistema convencional, para se economizar energia para a aeração, parte da matéria orgânica (suspensas e sedimentáveis) dos efluentes é retirada antes do tanque de aeração, através do decantador primário. Assim, os sistemas de lodos ativados convencionais têm como parte integrante também o tratamento primário.

A idade do lodo é usualmente da ordem de 4 a 10 dias, e o tempo de retenção hidráulica no reator, da ordem de 6 a 8 horas. Com esta idade a biomassa retirada do sistema no lodo excedente requer ainda uma etapa de estabilização no tratamento do lodo, por conter ainda um elevado teor de matéria orgânica armazenada nas suas células (VON SPERLING, 2005).

4 METODOLOGIA

4.1 Caracterização do local de estudo

4.1.1 Localização

Este trabalho foi realizado na Curtidora Luciano Ltda de Campo Belo – MG (FIG.1). O empreendimento localiza-se na Estação Jarbas Gambogi, s/n, Bairro Santa Maria, localizado sob as coordenadas geográficas 20°54'29.47" S, 45°15'29.47" (Zona 23 K, Datum SAD 69).



FIGURA 1: Vista satélite da Curtidora Luciano Ltda.

Fonte: GOOGLE, 2011

4.1.2 Histórico

Criada em 25 de junho de 1975, é uma empresa que possui um único proprietário, que tem uma boa visão sobre a empresa. É informatizada facilitando e ganhando tempo em vários serviços. Tudo que é feito dentro do curtume ou na administração é visando à qualidade. O curtume apresenta um “lay out” que facilita a produção para os funcionários e para o próprio crescimento da produção. O curtume não tem condição de aumentar sua capacidade, pois está situado em local onde não tem mais capacidade de aumento. Em termos técnicos possui desde

a barraca até a expedição. Tem capacidade para produzir 360 couros/dia acabados, mas atualmente são feitos 220 couros/dia, que resulta em 704 m² de couro por dia, pois cada pele tem 3,2 m² em média. A empresa conta com 51 funcionários, onde 46 fazem parte da produção e o rendimento por operário/dia é de 15,03 m². O sistema de tratamento de efluente recebe 200 m³/dia.

4.1.3 Área de atuação

A Curtidora Luciano Ltda possui todas as etapas necessárias para o processamento da pele em couro (curtume).



4.1.4 Sistema de tratamento do efluente

O sistema de tratamento do líquido percolado, setor analisado neste estudo, compõe-se de gradeamento (a), caixa de areia (desarenador) (b), caixa de gordura (c), tanque de equalização (d), decantador primário (e), tanque para oxidação de sulfetos (f), reator de lodos ativados (g), decantador secundário (h), poço de lodo (i) (FIG. 2).



(a), (b) e (c)



(d)



(e)



(f)



(g)



(h)



(i)

FIGURA 2: Sistema de tratamento do efluente da Curtidora Luciano Ltda.

Fonte: CURTIDORA LUCIANO LTDA, 2011.

4.2 Amostragem

Os dados para realização das análises foram concedidos pela própria indústria. São análises do ano de 2008 a 2011.

De acordo com os responsáveis por essa coleta, as análises são feitas semestralmente, trimestralmente e anualmente, isso de acordo com parâmetros estabelecidos pela FEAM. A coleta de amostras é realizada na entrada e saída do sistema de tratamento do efluente. Utiliza-se todo equipamento de segurança como luvas, botas e máscara, devido ao risco de contaminação e patologias relativas ao efluente.

4.3 Parâmetros analisados

Foram analisados os seguintes parâmetros:

Temperatura – medição da intensidade de calor. Elevações da temperatura aumentam a taxa das reações físicas, químicas e biológicas (na faixa usual de temperatura), diminuem a solubilidade dos gases e aumentam a taxa de transferência de gases (o que pode gerar mau cheiro, no caso da liberação de gases com odores desagradáveis) (VON SPERLING, 2005).

Cromo total – uma grande parte dos micropoluentes inorgânicos são tóxicos. Entre estes, têm especial destaque os metais. Os mesmos em baixas concentrações são essenciais para o

crescimento de seres vivos, porém em altas concentrações podem danificar os sistemas biológicos por apresentarem características bioacumulativas (VON SPERLING, 2005).

Demanda Bioquímica de Oxigênio - é uma técnica analítica que avalia a quantidade de oxigênio necessária para que os microorganismos degradem bioquimicamente a matéria orgânica presente na mistura (HAMADA, 1991);

Demanda Química Oxigênio - determina a quantidade de oxigênio necessária para oxidação da matéria orgânica através de um agente químico (HAMADA, 1991);

pH - representa a concentração de íons hidrogênio H (em escala antilogarítmica), dando uma indicação sobre a condição de acidez, neutralidade ou alcalinidade da água. A faixa de pH é de 0 a 14, sendo 7 o valor da neutralidade. Valores de pH afastados da neutralidade tendem a afetar as taxas de crescimento dos microrganismos (VON SPERLING, 2005).

Sólidos sedimentáveis - fração dos sólidos orgânicos e inorgânicos que sedimenta em 1 hora no cone imhoff, indicação aproximada da sedimentação em um tanque de decantação (VON SPERLING, 2005). .

Sólidos suspensos totais - fração dos sólidos orgânicos e inorgânicos que são retidos em filtros de papel com aberturas de dimensões padronizadas (0,45 a 2,0 μm) (VON SPERLING, 2005).

Sulfeto - são combinações de metais, não metais, complexos e radicais orgânicos ou eles são os sais e ésteres do ácido sulfídrico (H_2S), respectivamente. A maioria dos sulfetos metálicos de uso comercial são de origem vulcânica. Sulfetos metálicos têm importante papel na química analítica para a identificação de metais. Sulfetos inorgânicos encontram aplicações como pigmentos e substâncias luminescentes. Sulfetos orgânicos e disulfetos são amplamente distribuídos no reino animal e vegetal. Sulfetos orgânicos são aplicados industrialmente como protetores de radiação e queratolítica (IGAM, 2001).

Óleos e graxas - são substâncias orgânicas de origem mineral, vegetal ou animal. Estas substâncias geralmente são hidrocarbonetos, gorduras, ésteres, entre outros. São raramente encontrados em águas naturais, normalmente oriundos de despejos e resíduos industriais, esgotos domésticos, efluentes de oficinas mecânicas, postos de gasolina, estradas e vias

públicas. Os despejos de origem industrial são os que mais contribuem para o aumento de matérias graxas nos corpos d'água, dentre eles, destacam-se os de refinarias, frigoríficos e indústrias de sabão. A pequena solubilidade dos óleos e graxas constitui um fator negativo no que se refere a sua degradação em unidades de tratamento de despejos por processos biológicos (IGAM, 2001).

4.4 Análise dos dados

Os resultados das concentrações e eficiências das análises foram realizados através de um programa no Excel, o qual através de fórmulas já estabelecidas, ao colocar os dados necessários, o mesmo gera os resultados e gráficos. Esse programa foi idealizado pelo Prof. Marcos Von Sperling (FIG. 3).

DADOS DO MONITORAMENTO

Apenas nesta planilha: preencher as células em amarelo

Para inserir novos dados, além das linhas existentes: inserir linhas antes da última linha com dados, para permitir que as demais planilhas sejam atualizadas ou fazer um outro arquivo (planilha) separado para os outros parâmetros.

Valores faltantes: deixar em branco (não colocar zero)

Nome do parâmetro de qualidade (ex: DBO):

Padrão ou meta (concentração efluente) (mg/L):

Padrão ou meta (eficiência de remoção) (%):

<=

>=

mg/L

%

0

Data	Dia	Semana		Afluente	Efluente

FIGURA 3: Programa para análise de concentrações e eficiências de parâmetros

Fonte: MARCOS VON SPERLING, 2011.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 Análise global dos dados de monitoramento

TABELA 1 – Resultados das análises afluente e efluente nos anos de 2008 a 2011.

Data	Óleos e Graxas						Sólidos Sedimentáveis			
	DBO (mg/L)		DQO (mg/L)		(mg/L)		pH		(mL/L)	
	Afluente	Efluente	Afluente	Efluente	Afluente	Efluente	Afluente	Efluente	Afluente	Efluente
15/1/2008	2047,00	35,10	5970,84	108,39	380,00	17,20	6,53	7,08	250,00	0,30
12/2/2008	2424,40	77,30	5970,84	198,54	28,80	7,20	8,49	7,47	10,00	0,30
4/3/2008	1627,50	50,10	5285,73	164,22	273,98	38,45	9,05	7,79	40,00	0,30
20/5/2008	2884,35	128,52	10079,28	393,19	68,40	0,80	5,57	6,84	100,00	0,30
16/7/2008	2035,33	164,72	6269,57	431,91	35,33	0,58	6,62	6,98	250,00	0,30
22/10/2008	1017,67	118,58	2602,62	320,72	46,00	1,20	9,13	6,73	40,00	0,30
9/1/2009	1288,14	77,65	4264,23	243,48	118,00	2,80	11,25	7,82	4,50	0,30
7/7/2009	1097,82	452,77	6891,02	452,77	81,82	6,25	8,56	7,24	10,00	0,30
13/11/2009	1387,30	174,50	3420,65	535,37	104,00	64,00	8,57	7,13	7,00	0,50
29/1/2010	2016,00	312,40	10708,44	2525,05	62,00	24,67	6,41	7,91	50,00	0,30
26/3/2010	1297,20	315,60	8279,17	2247,42	59,00	46,00	8,61	7,86	1,00	0,30
19/5/2010	795,64	442,15	2957,93	1692,16	156,00	64,00	8,46	7,62	55,00	5,00
29/7/2010	1817,60	273,10	2571,32	485,40	177,50	16,00	7,26	5,06	38,00	7,50
1/10/2010	1468,80	306,90	4731,83	120,49	136,00	39,00	9,00	7,30	75,00	0,30
12/1/2011	1004,40	251,00	1101,46	263,17	179,00	36,00	7,35	7,50	11,00	0,30

TABELA 1 – Resultados das análises afluente e efluente nos anos de 2008 a 2011 - Continuação

Data	Sólidos Suspensos Totais (mg/L)		Sulfeto (mg/L)		Temperatura (°C)		Cromo Total (mg/L)	
	Afluente	Efluente	Afluente	Efluente	Afluente	Efluente	Afluente	Efluente
15/1/2008	230,00	33,33	15,260	0,100	22	20	2,90	0,05
12/2/2008	1033,33	116,00	17,880	0,100	21	21	0,90	0,22
4/3/2008	541,67	114,00	11,280	0,100	23	23	0,70	0,08
20/5/2008	1260,00	71,67	9,820	0,107	20	20	0,57	0,10
16/7/2008	725,00	39,26	15,720	0,100	13	13	3,57	0,28
22/10/2008	539,82	12,38	13,500	0,105	17	17	1,51	0,07
9/1/2009	96,00	14,67	8,350	0,180	20	19	2,39	0,11
7/7/2009	246,67	38,50	12,350	0,110	19	18	2,38	0,03
13/11/2009	1075,00	131,00	102,300	0,110	26	26	3,35	0,27
29/1/2010	1746,67	44,00	111,330	0,010	26	26	0,08	0,05
26/3/2010	239,68	55,00	57,320	0,210	28	27	0,09	0,05
19/5/2010	615,00	140,00	139,500	0,020	18	18	0,05	0,03
29/7/2010	1625,00	94,00	25,550	0,020	23	23	0,05	0,02
1/10/2010	1885,71	92,16	93,000	0,000	25	22	0,05	0,03
12/1/2011	1238,89	27,00	260,000	0,020	22	21	1,01	0,00

Verificou-se na TAB. 1, que das 15 análises realizadas no período de 2008 e 2011 ambos os parâmetros DBO (mg/L), DQO (mg/L), sólidos sedimentáveis (mL/L), sólidos suspensos totais (mg/L), óleo e graxa (mg/L), sulfeto (mg/L) e cromo total (mg/L), obtiveram uma redução nas suas concentrações avaliando a entrada e saída dos sistema de tratamento durante os anos de 2008, 2009, 2010 e 2011.

Já a temperatura (°C) e pH sofreram variações de 13 - 28 C° e 5,57 - 11,25 respectivamente.

5.2 Variação temporal para cada parâmetro

5.2.1 DBO

Pela análise da série temporal, percebe-se que a DBO afluente variou entre 700 e 2.900 mg/L durante as 15 análises. Já o efluente variou entre 35 e 440 mg/L. Observa-se então que houve redução da matéria orgânica em todas as amostras, porém a maioria não ficou dentro do esperado pela literatura deste tipo de tecnologia (entre 15 - 40 mg/L) (VON SPERLING, 2005).

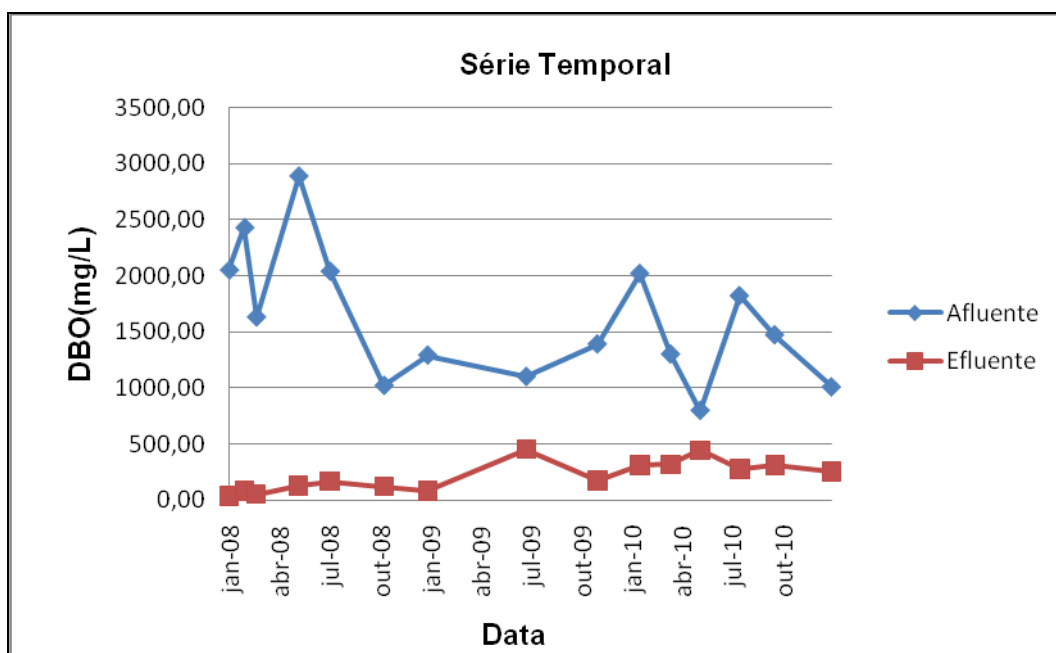


GRÁFICO 1: Série temporal da DBO (mg/L) afluente e efluente

Nota: DADOS DE 2008 A 2011 - FORNECIDOS PELA CURTIDORA LUCIANO LTDA

5.2.2 DQO

Já a DQO afluyente variou entre 1000 e 11.000 mg/L. O efluente variou entre 108 e 2.500 mg/L, assim como o parâmetro DBO, houve redução em todas as amostras, porém a maioria não permaneceu dentro da faixa indicada pela literatura (entre 45 - 120 mg/L) (VON SPERLING, 2005).

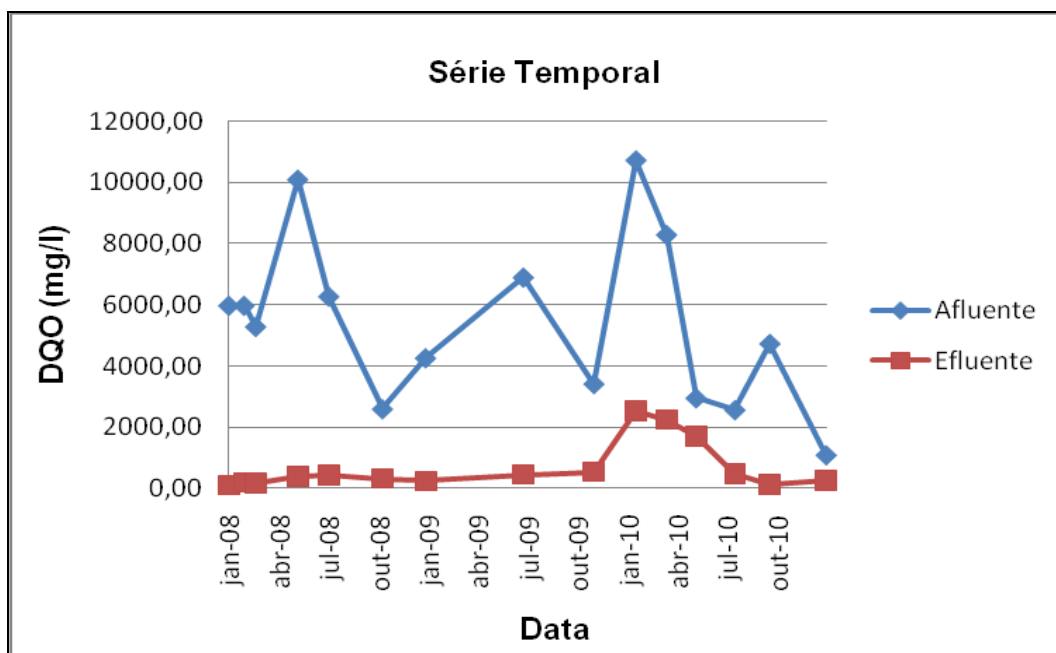


GRÁFICO 2: Série temporal da DQO (mg/L) afluyente e efluente

Nota: DADOS DE 2008 A 2011 - FORNECIDOS PELA CURTIDORA LUCIANO LTDA

5.2.3 pH

O pH foi medido nas 15 amostragens, variando no afluyente entre 5,0 e 11,0. Já no efluente o pH variou ficando na faixa de 5,0 e 8,0. De acordo com a literatura, a faixa de pH ideal para o efluente varia em torno de 6,0 e 8,0, ou seja, os resultados das análises foram satisfatórios em relação a esse parâmetro. Cabe-se ressaltar que o pH está diretamente ligado à velocidade das reações enzimáticas (SCAPINI, 2007).

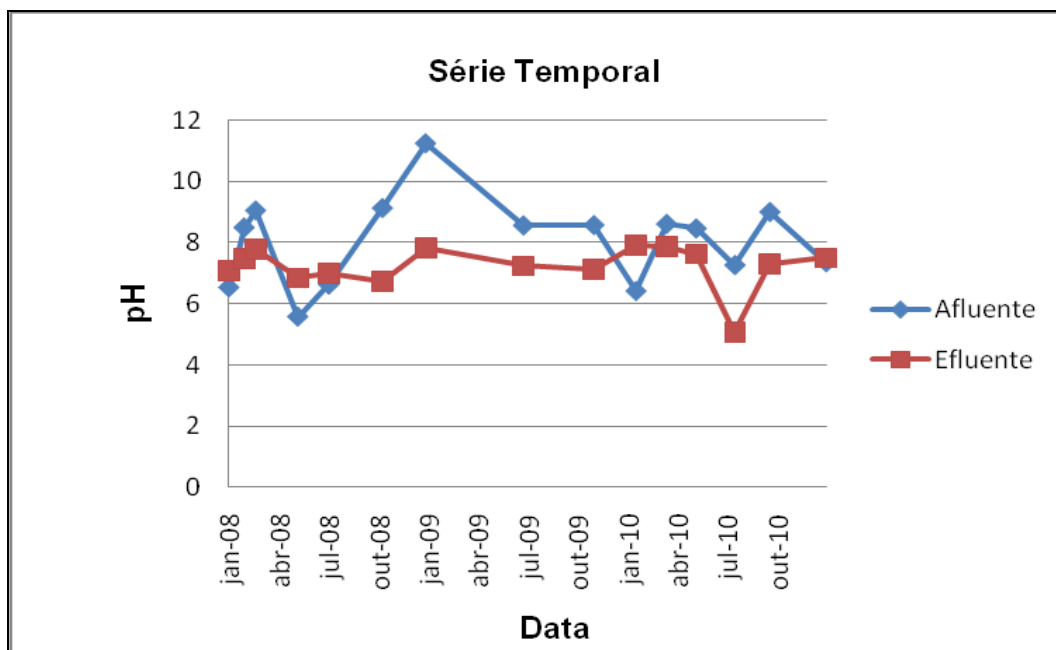


GRÁFICO 3: Série temporal do pH afluente e efluente

Nota: DADOS DE 2008 A 2011 - FORNECIDOS PELA CURTIDORA LUCIANO LTDA

5.2.4 Óleos e Graxas

As concentrações afluente variaram entre 40 e 380 mg/L. Já o efluente variou entre 17 e 64 mg/L, ficando dentro da faixa encontrada pela literatura (0,8 a 180 mg/L). Brandão (2001), ressalta que a necessidade da remoção da gordura tem como finalidade evitar obstruções dos coletores assim como a aderência nas peças especiais da rede e principalmente o acúmulo nas unidades de tratamento visto que os óleos e graxas provocam odores desagradáveis e perturbações dos dispositivos de tratamento.

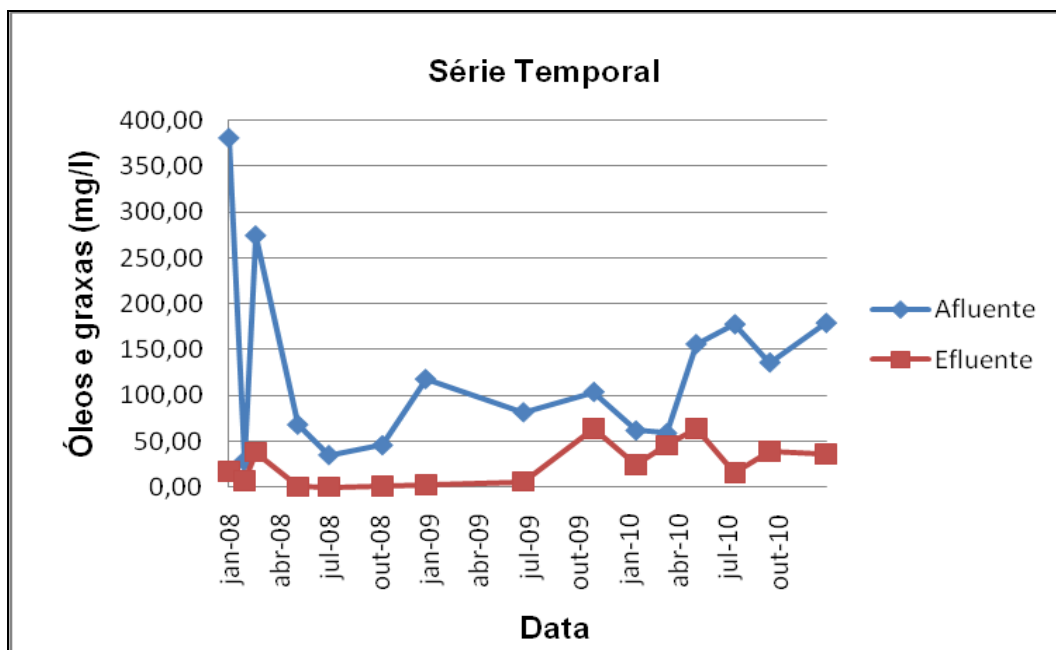


GRÁFICO 4: Série temporal dos Óleos e Graxas (mg/L) afluyente e efluente

Nota: DADOS DE 2008 A 2011 - FORNECIDOS PELA CURTIDORA LUCIANO LTDA

5.2.5 Sólidos Sedimentáveis

As concentrações afluyente dos sólidos sedimentáveis variaram entre 0,3 e 250 mL/L. Enquanto que as concentrações efluentes alteraram entre 0,3 e 5,0 mL/L, permanecendo entre a faixa literária de (20 - 40 mL/L) (VON SPERLING, 2005).

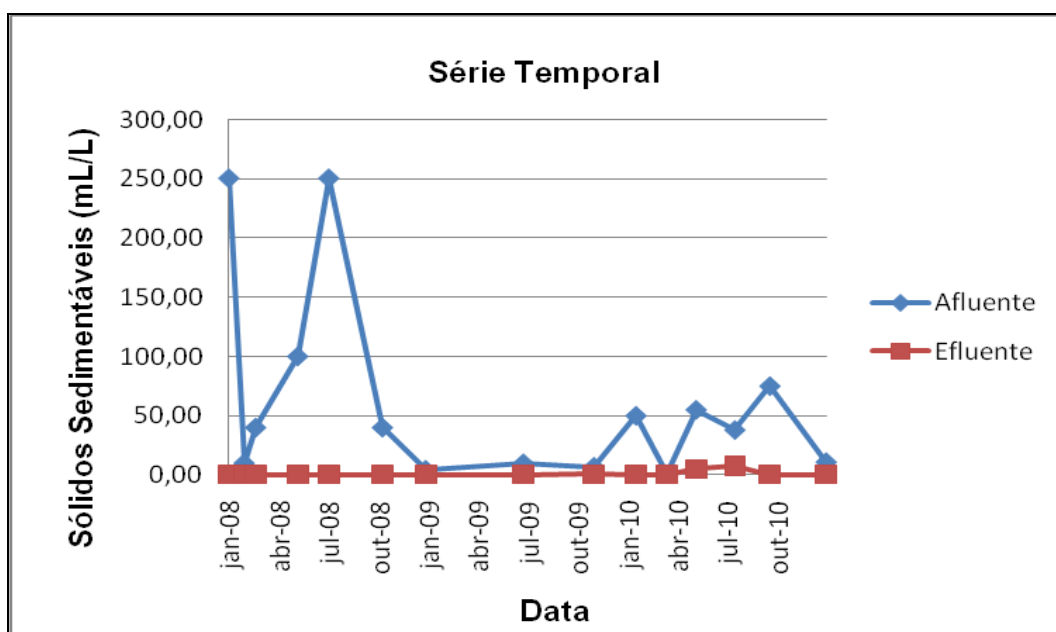


GRÁFICO 5: Série temporal dos Sólidos Sedimentáveis (mL/L) afluyente e efluente

Nota: DADOS DE 2008 A 2011 - FORNECIDOS PELA CURTIDORA LUCIANO LTDA

5.2.6 Sólidos Suspensos Totais

A variação afluente dos sólidos suspensos totais ficou entre 160 e 1.900 mg/L. Já o efluente variou entre 30 e 190 mg/L, ou seja, em todas as análises as concentrações efluente permaneceram abaixo das concentrações afluentes.

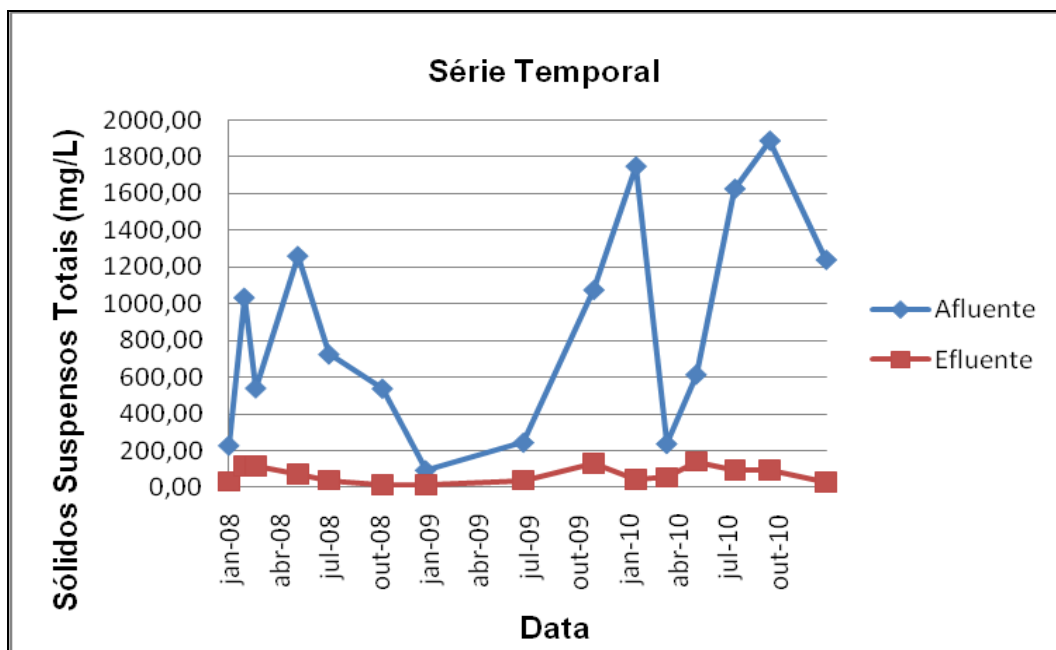


GRÁFICO 6: Série temporal dos Sólidos Suspensos Totais (mg/L) afluente e efluente

Nota: DADOS DE 2008 A 2011 - FORNECIDOS PELA CURTIDORA LUCIANO LTDA

5.2.7 Sulfeto

As concentrações de sulfeto no afluente do curtume alterou entre 15 e 140 mg/L. O efluente por sua vez, variou entre 0,02 e 0,1 mg/L, ou seja, durante todas as análises as concentrações permaneceram em uma faixa bem inferior do que as concentrações afluentes.

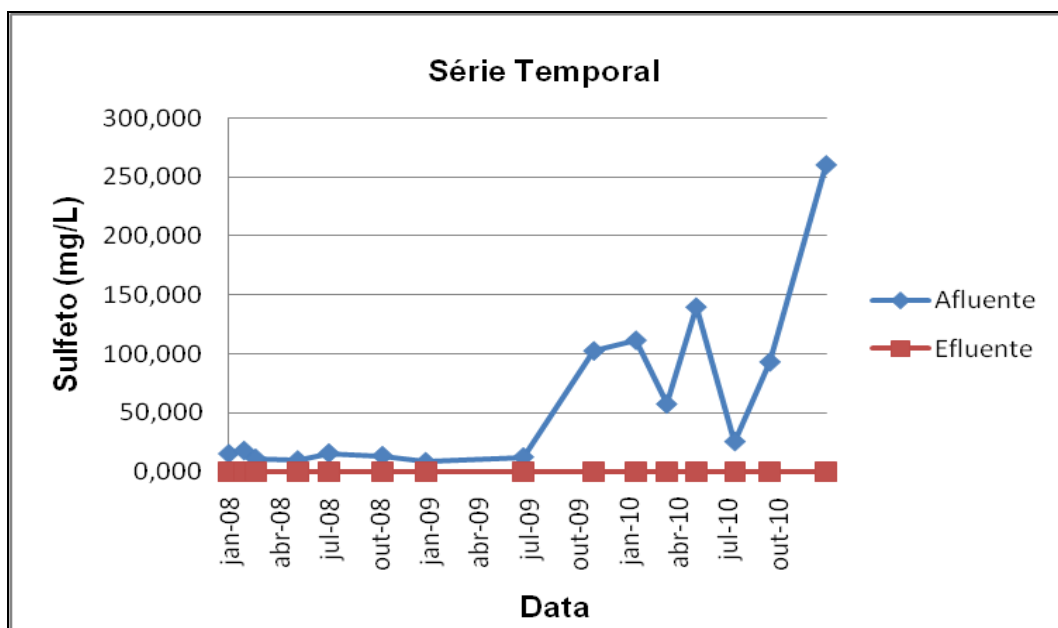


GRÁFICO 7: Série temporal do Sulfeto (mg/L) afluente e efluente

Nota: DADOS DE 2008 A 2011 - FORNECIDOS PELA CURTIDORA LUCIANO LTDA

5.2.8 Temperatura

De uma maneira geral a temperatura ideal dos sistemas biológicos deve se situar entre 20°C e 30°C, sendo que abaixo de 10°C ocorre uma diminuição da atividade biológica. Nesta série a temperatura ficou entre 13 e 28 °C afluente e 13 e 27 °C efluente, não saindo muito dos padrões literários.

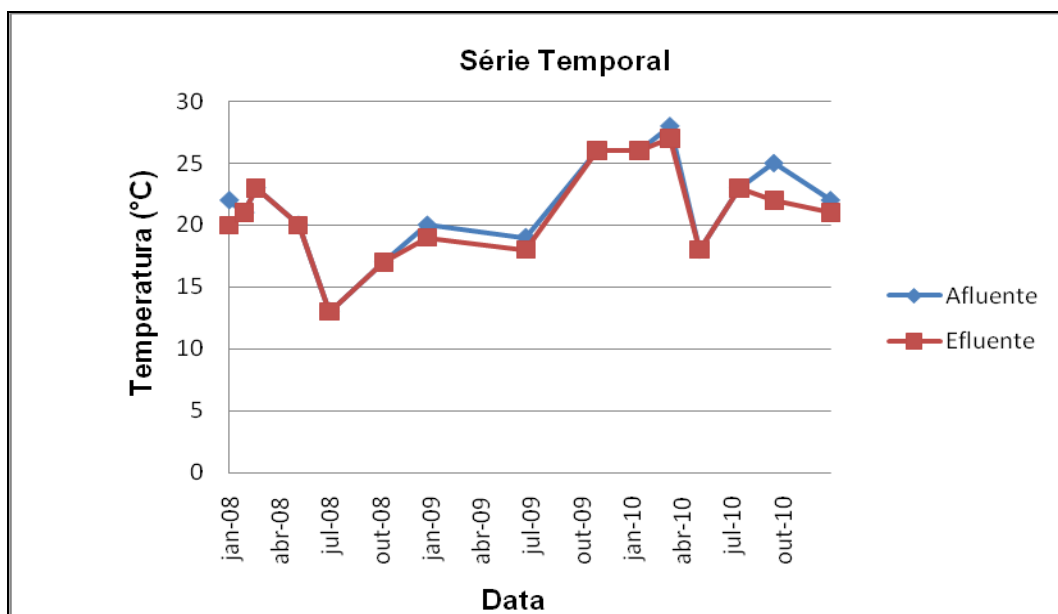


GRÁFICO 8: Série temporal da Temperatura (°C) afluente e efluente

Nota: DADOS DE 2008 A 2011 - FORNECIDOS PELA CURTIDORA LUCIANO LTDA

5.2.9 Cromo Total

A concentração de cromo total no afluente variou entre 0,03 e 3,5 mg/L. O efluente variou entre 0,03 e 0,05 mg/L, permanecendo na faixa encontrada na literatura (0,7 a 7 mg/L), não ultrapassando os 7 mg/L. (OLIVATTO, 2009).

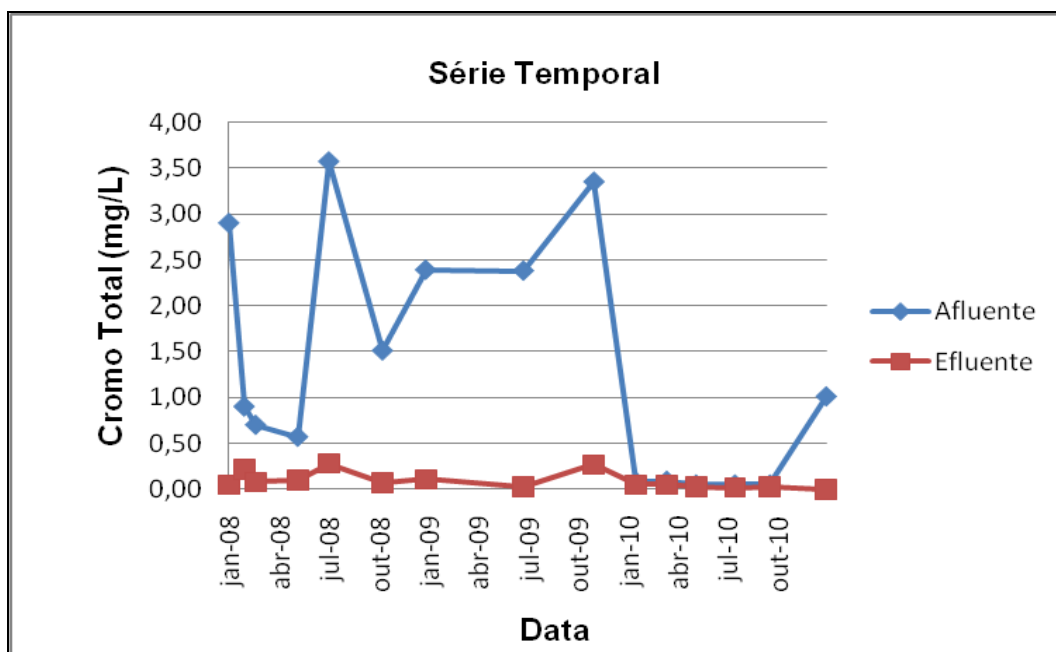


GRÁFICO 9: Série temporal do Cromo total (mg/L) afluente e efluente

Nota: DADOS DE 2008 A 2011 - FORNECIDOS PELA CURTIDORA LUCIANO LTDA

5.3 Eficiência de remoção para cada parâmetro

Ressaltando que não há como analisar a eficiência do pH e da temperatura.

5.3.1 DBO

Observa-se que 90 % das amostras atingiram uma eficiência de 98%, obtendo uma eficiência média em todo o sistema de 87%, ficando dentro dos padrões da literatura (85 - 93%) (VON SPERLING, 2005). Observa-se então que o processo de lodos ativados que é fundamentado no fornecimento de oxigênio para que os microrganismos degradem a matéria orgânica dissolvida e em suspensão, fazendo com que sejam transformados em gás carbônico, água e flocos biológicos formados por microrganismos característicos do processo (GIORDANO, 2004), está sendo satisfatório para esse efluente.

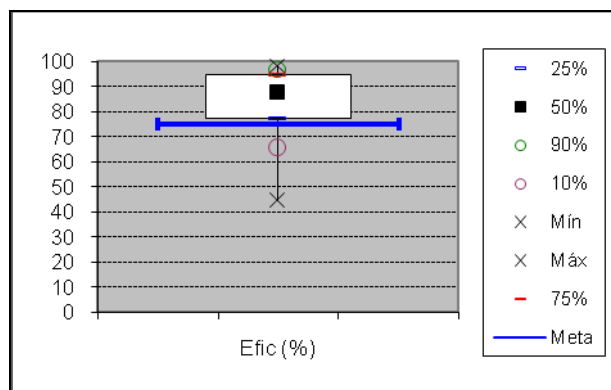


GRÁFICO 10: Box Plot da eficiência da DBO (mg/L) efluente

Nota: DADOS DE 2008 A 2011 - FORNECIDOS PELA CURTIDORA LUCIANO LTDA

5.3.2 DQO

No parâmetro DQO, a eficiência média do sistema foi de 93%, assim como a DBO, permanecendo em uma faixa considerada satisfatória pela literatura (80 - 90%) para o processo utilizado em questão (VON SPERLING, 2005).

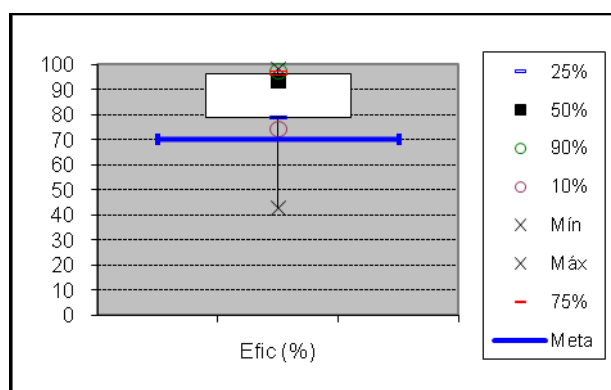


GRÁFICO 11: Box Plot da eficiência da DQO (mg/L) efluente

Nota: DADOS DE 2008 A 2011 - FORNECIDOS PELA CURTIDORA LUCIANO LTDA

5.3.3 Óleos e graxas

A remoção média de óleos e graxas atingiu 86%, alcançando os índices de literatura de 70% (OLIVATTO, 2009). Indicando assim que a manutenção da caixa de gordura está sendo bem realizada, removendo uma quantidade significativa de óleos e graxas, já que o sistema de lodos ativados não são específicos para a remoção dos mesmos.

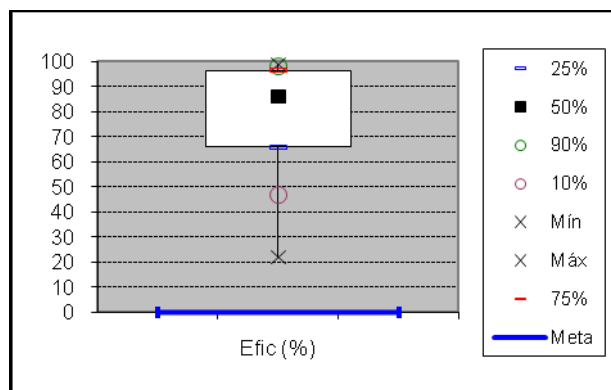


GRÁFICO 12: Box Plot da eficiência dos Óleos e Graxas (mg/L) efluente

Nota: DADOS DE 2008 A 2011 - FORNECIDOS PELA CURTIDORA LUCIANO LTDA

5.3.4 Sólidos sedimentáveis

A eficiência média do sistema para a remoção de sólidos sedimentáveis chegou a atingir 97 %, ficando dentro dos padrões esperados pela literatura (87 – 93%) (VON SPERLING, 2005). Mostrando também que o tratamento primário composto pelo decantador teve uma função satisfatória para que houvesse essa remoção significativa.

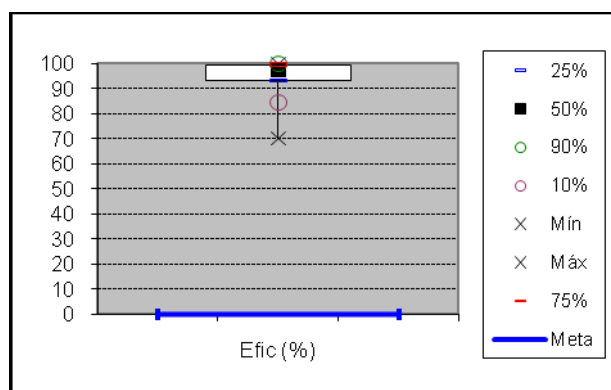


GRÁFICO 13: Box Plot da eficiência dos Sólidos Sedimentáveis (mL/L) efluente

Nota: DADOS DE 2008 A 2011 - FORNECIDOS PELA CURTIDORA LUCIANO LTDA

5.3.5 Sólidos Suspensos Totais

A literatura faz menção de que a remoção de sólidos suspensos totais seja de 69% (OLIVATTO, 2009) nos efluente industriais. Mesmo que o processo de lodo ativado ajude nessa remoção, observa-se que assim como a boa eficiência de remoção para óleos e graxas no tratamento preliminar, a remoção de sólidos suspensos totais pelo desarenador e pelo decantador primário foram essenciais para uma eficiência média de remoção de 87%.

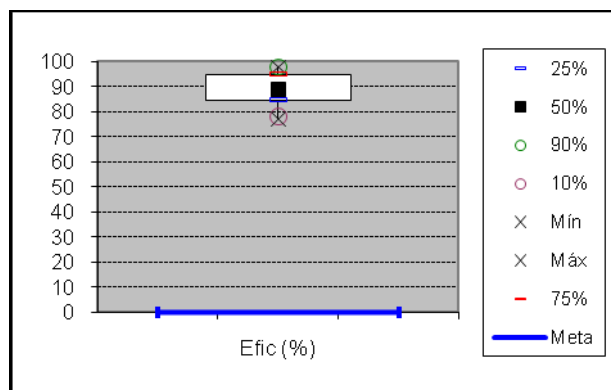


GRÁFICO 14: Box Plot da eficiência dos Sólidos Suspensos Totais (mg/L) efluente

Nota: DADOS DE 2008 A 2011 - FORNECIDOS PELA CURTIDORA LUCIANO LTDA

5.3.6 Sulfeto

A remoção de sulfeto obteve uma eficiência bastante satisfatória com uma média de 99%, podendo dar destaque a boa operação do tanque de oxidação de sulfetos.

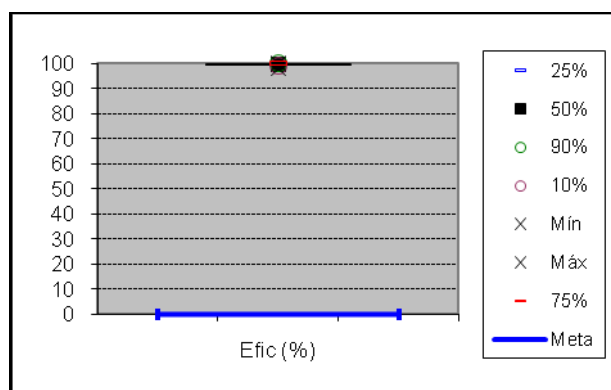


GRÁFICO 15: Box Plot da eficiência do Sulfeto (mg/L) efluente

Nota: DADOS DE 2008 A 2011 - FORNECIDOS PELA CURTIDORA LUCIANO LTDA

5.3.7 Cromo total

A média de remoção de cromo total foi de 89%, superando a faixa de literatura que é de 70 a 80% (BEAL, 2000). Pode-se dizer então que a precipitação do mesmo está sendo satisfatória no decorrer do sistema de tratamento.

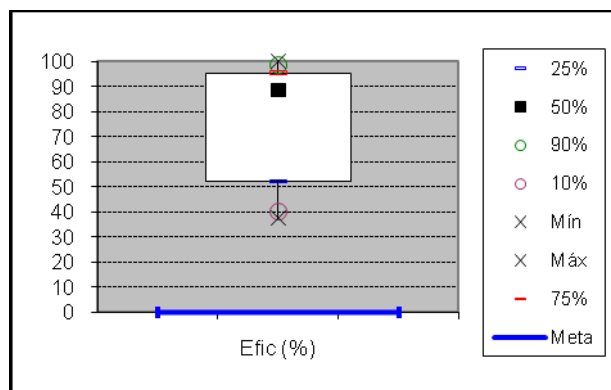


GRÁFICO 16: Box Plot da eficiência do Cromo total (mg/L) efluente

Nota: DADOS DE 2008 A 2011 - FORNECIDOS PELA CURTIDORA LUCIANO LTDA

5.4 Atendimento ou não a legislação

TABELA 2 – Atendimento ou não à legislação vigente no estado de Minas Gerais

Parâmetros	Unidades	Padrões de atendimento à legislação	Porcentagem de não atendimento nas 15 análises
DBO	mg/L	60 mg/L ou 75% de eficiência	86,6% ou 13,3%
DQO	mg/L	180 mg/L ou 70% de eficiência	86,6 % ou 6,7%
Óleos e Graxas	mg/L	Óleos minerais: 20 / Óleos vegetais e gorduras animais: 50	Todas análises atenderam ao padrão
pH	...	6 a 9	6,70%
Sólidos Sedimentáveis	mL/L	1	6,70%
Sólidos Suspensos Totais	mg/L	100	26,70%
Sulfeto	mg/L	0,5	Todas análises atenderam ao padrão
Temperatura	C°	< 40	Todas análises atenderam ao padrão
Cromo Total	mg/L	0,5	Todas análises atenderam ao padrão

Em termos de atendimento aos padrões de lançamento, pode - se observar que nas concentrações de DBO efluentes 86,6 % não atenderam ao padrão de 60 mg/l estabelecido para o Estado de Minas Gerais, na Deliberação Normativa COPAM/CERH-MG N° 1 de 05 de maio de 2008, contudo apenas 13,3 % não atingiram 70%.

No entanto, em vários períodos a eficiência de remoção foi superior a 75%, configurando uma situação de atendimento ao requisito de eficiência integrante da legislação ambiental.

Para o parâmetro DQO, observa-se que 86,6 % não atingiram ao padrão de 180 mg/L, porém apenas 6,7% não alcançaram ao padrão de 70%, ou seja, na maioria das análises a remoção foi maior do que 70%.

Para esta porcentagem às quais não atenderam aos padrões, podemos supor que no período analisado, a combinação de efeitos de elevação simultânea de carga orgânica que dificultou a remoção das matérias orgânicas.

No parâmetro pH, apenas 6,7 % das análises não atenderam a legislação (6 a 9), ou seja em sua maioria o pH ficou dentro da faixa exigente e ajudou na precipitação do cromo solubilizado sob a forma de hidróxido. A precipitação pode ser inibida, diminuída ou insatisfatória devido à influência de ácidos orgânicos residuais, agentes mascarantes além de outros produtos complexantes, gorduras, corantes presentes nas águas residuais (BARROS, 2011).

As concentrações de sólidos sedimentáveis tiveram uma boa remoção, sendo que apenas 6,7% não atenderam aos padrões de legislação.

As concentrações de sólidos suspensos no efluente final variaram entre 12,38 e 140 mg/L. Apenas 26,70 % não atenderam ao padrão de lançamento (100mg/L) durante a maioria dos períodos analisados. Para isso pode se dizer que nesse período as quais as concentrações de SS foram elevadas, os teores de sólidos no efluente foram mais altos havendo uma extrema variabilidade destes no afluente. A utilização de um eficiente sistema de remoção de sólidos no tratamento preliminar poderá conduzir a uma melhoria em relação às concentrações de sólidos suspensos no efluente final, apesar da média de remoção ter sido satisfatória.

Analisando os resultados das remoções de cromo verificamos que todas as análises atenderam ao padrão (0,5 mg/L). A explicação para esse resultado pode ser pela forma de retenção/acumulação deste no lodo, precipitado sob a forma de hidróxido insolúvel.

Assim como o cromo, nota-se que todas as análises de sulfeto, óleos/graxas e temperatura atenderam a legislação pertinente (0,5 mg/L), (Óleos minerais: 20 / Óleos vegetais e gorduras animais: 50) e ($< 40\text{ C}^{\circ}$), respectivamente.

6 CONCLUSÃO

A partir dos resultados obtidos, avalia-se como satisfatória o sistema de tratamento do curtume em questão. Todavia, há de ressaltar que o período de análises não foi suficiente para a completa avaliação de funcionamento do sistema, pois houve períodos longos entre uma análise e outra. Além disso, as análises são feitas somente na entrada e saída do sistema, dificultando uma real avaliação do tratamento.

A análise global feita na entrada e saída do sistema de tratamento de efluente do curtume mostrou redução de matéria orgânica, metais e óleos/graxas do ano de 2008 até 2011, em todas as 15 análises.

Quanto à eficiência do tratamento, constatou-se que as remoções médias de DBO e DQO foram, respectivamente, 87% e 93%. Já para óleos/graxa, sólidos sedimentáveis, sólidos suspensos totais, sulfeto e cromo, ambos tiveram uma eficiência acima de 80%.

Quanto às características do efluente tratado, concluiu-se que os parâmetros analisados atenderam aos padrões da legislação vigente, com exceção de algumas análises de pH, sólidos sedimentáveis e sólidos suspensos totais. Já os parâmetros de DBO e DQO atingiram o padrão através da sua eficiência de remoção e não pela redução na concentração.

REFERÊNCIAS

IGAM - INSTITUTO MINEIRO DE GESTÃO DAS ÁGUAS. Estudos de Caracterização dos Recursos Hídricos no Estado de Minas Gerais. Primeira Etapa do Plano Estadual de Recursos Hídricos de Minas Gerais. [Relatório Técnico]. 2007. Disponível em: http://aguas.igam.mg.gov.br/aguas/htmls/aminas_nwindow/param_quimicos.htm. Acesso em 01 de outubro de 2011.

AZEVEDO NETTO, J.M. (1992) Tanques Sépticos: Conhecimentos Atuais. *Revista Engenharia Sanitária*, v.24:2, abr-jun., p.222-229.

BARROS, M.A.S.D. *Estudos de remoção de Cromo*. Departamento de Engenharia Química/UEM, Maringá-PR. 2011.

BEAL, L.L . (2000). *Acumulação de cromo em reatores biológicos tratando efluentes de curtume*. In: Congresso Interamericano de Engenharia Sanitária e Ambiental, XXVII, Anais.

BRANDÃO, D. Risco de degradação dos recursos hídricos na bacia do Ribeirão Pinhal – Limeira (SP): uma proposta metodológica. Tese de mestrado. Faculdade de Engenharia Agrícola, UNICAMP, Campinas, SP. 2001.

CETESB. Relatório de qualidade das águas interiores no Estado de São Paulo 2004. São Paulo: CETESB, 2005.

CLAAS, I. C. Manual básico de resíduos industriais de curtume. Porto Alegre, SENAI/RS, 1994

GANEM.D.D. *Avaliação de processos biológicos utilizados no tratamento de efluentes de laticínios*. Ribeirão Preto. 2007. Monografia (Pós-graduação) - Centro de Ciências Exatas Naturais e Tecnológicas.

FLORES, R.G. *Avançados homogêneos e heterogêneos na degradação de efluentes de curtume*. Santa Maria, 76 p., 2008. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Santa Maria.

GIORDANO, G. Tratamento e controle de efluentes industriais. UFMT. Cuiabá, 2004. Disponível em: http://www.ufmt.br/esa/Modulo_II_Efluentes_Industriais/Apost_EI_2004_1ABES_Mato_Grosso_UFMT2.pdf. Acesso em: 15 de setembro de 2011.

HAMADA, J. Remediação de áreas degradadas por resíduos: sistemas de tratamento de chorume. Universidade de Caxias do Sul, 1991. p 247-259. Anais... Belo Horizonte. 1 CD-ROM.

HOINACK, E. MOREIRA, M.V. KIEFER, C.G. Manual Básico de Processamento do Couro. Porto Alegre, PADCT/CNPq/SENAI/RS, 1994.

LUCAS MATHEUS OLIVATTO, L.M. *Análise da eficiência de Estação de Tratamento de Efluentes em indústria de extração de óleo de soja e proposições de novas metodologias de análises e tratamentos*. 2009. Monografia (Pós-graduação) - Universidade Federal de São Carlos.

MINAS GERAIS. Ministério do Meio Ambiente. *Deliberação Normativa COPAM/CERH_MG nº 1 de 05 de maio de 2008*. Brasília: COPAM, 2008.

PACHECO, J.W.F. Curtumes. São Paulo – SP. São Paulo. CETESB, 2005.76p. Disponível em: <<http://www.crq4.org.br/downloads/curtumes.pdf>>. Acesso em 9 de setembro de 2011.

RAO, J.R., Recouping the wastewater a way forward for cleaner leather processing. Journal of Cleanear Production. 11,591-599, 2003.

SCAPINI, L. *Avaliação do desempenho da osmose reversa e da troca iônica para tratamento de efluente de curtume (Aimoré CourosLtda – encantado) visando a reutilização da água*. Santa Cruz do Sul, 2007. Dissertação (Mestrado) – Universidade de Santa Cruz do Sul.

SEGATTO, E . (2002). *Tratamento de Efluente de Curtume de Acabamento por Reator Acidogênico Seguidos por Contadores Biológicos Rotatórios*. In: Congresso Interamericano de Engenharia Sanitária e Ambiental, XXVII, Anais.

STREIT, K. F. *Estudo da aplicação da técnica de eletrodialise no tratamento de efluentes de curtume*. Porto Alegre, 100 p., 2006. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

VON SPERLING, M. *Princípios de tratamento biológico de águas residuárias*, 2005. Volume 1: Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos. Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental – UFMG, 3ª Ed.

VON SPERLING, M.V. *Princípios do Tratamento Biológico de Águas Residuárias. Lodos Ativados*. 1^a ed. Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental- DESA. Universidade de Minas Gerais - UFMG, 1997.