

**CENTRO UNIVERSITÁRIO UNIVATES**  
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AMBIENTE E DESENVOLVIMENTO –**  
**PPGAD**  
**NÚCLEO DE ELETROFOTOQUÍMICA E MATERIAIS POLIMÉRICOS – NEMP**  
**DISSERTAÇÃO**

**AVALIAÇÃO DE TECNOLOGIA AVANÇADA PARA TRATAMENTO**  
**DE EFLUENTES DE CURTUME**

**CESAR FERNANDO GONZALVES MÜLLER**

**Lajeado, abril de 2009**

CENTRO UNIVERSITÁRIO UNIVATES  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AMBIENTE E DESENVOLVIMENTO –  
PPGAD  
NÚCLEO DE ELETROFOTOQUÍMICA E MATERIAIS POLIMÉRICOS – NEMP  
DISSERTAÇÃO

***AVALIAÇÃO DE TECNOLOGIA AVANÇADA PARA TRATAMENTO  
DE EFLUENTES DE CURTUME***

**CESAR FERNANDO GONZALVES MÜLLER**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Ambiente e Desenvolvimento para obtenção do título de Mestre em Ambiente e Desenvolvimento.

Orientador (a): Profa. Dra. Simone Stulp

Lajeado, abril de 2009

## RESUMO

Neste estudo a degradação fotoquímica de efluentes líquidos oriundos de indústria de curtimento foi pesquisada. O estudo objetivou uma avaliação de tecnologia avançada para tratamento de efluentes de curtume, bem como realizou-se uma comparação com tecnologias convencionais de tratamento. Os experimentos de fotodegradação foram feitos através de radiação UV em compartimento para degradação. O trabalho também envolveu uma análise dos custos de implantação da tecnologia avançada, em comparação com os custos do tratamento convencional dos efluentes de curtume do ponto de vista econômico e financeiro. A lâmpada de vapor de mercúrio Osram HQL 400W, se mostrou eficiente no tratamento utilizando a técnica de fotodegradação e em termos de custos, fica compatível com a tecnologia utilizada atualmente na empresa.

**PALAVRAS-CHAVE:** Degradação Fotoquímica, efluentes de curtume, custos de implantação, custo do tratamento.

## ABSTRACT

In this study the photochemical degradation of effluent from the tanning industry was investigated. The study aimed to assess the technology for treating effluents from tannery, and there was a comparison with conventional treatment technologies. The experiments were made of photodegradation by UV radiation in compartment for degradation. The work also involved an analysis of the costs of deployment of advanced technology, compared with the cost of conventional treatment of tannery effluents from the economic point of view and financially. The mercury vapor lamp Osram HQL 400 W, was effective in the treatment using the technique of photodegradation and cost is compatible with the technology currently used in the company.

*KEY-WORDS:* Photochemical Degradation, Tannery Effluents, cost, application.

## LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1 - Foto do reator para degradação de resíduos para processo fotoquímico (50 L).....	21
FIGURA 2 - Esquema do reator para degradação fotoquímica, cujos componentes são: (1) reator, (2) célula de acrílico, (2) lâmpada de mercúrio 250W, (3) tubo de quartzo (4) agitador, (5) bombona plástica 50L .....	21
FIGURA 3 - Foto do reator para degradação de resíduos de curtume pelo processo fotoquímico (5L).....	22
FIGURA 4 - Esquema do reator para degradação fotoquímica, cujos Componentes são: (1) reator, (2) célula de acrílico, (3) lâmpada de mercúrio 250W, (4) bomba de recirculação e (5) tubo de quartzo.....	23
FIGURA 5 - Foto do reator para degradação de resíduos de curtume pelo processo fotoquímico utilizando dois filamentos ao mesmo tempo um de 250W e o outro de 400W (50L).....	23
FIGURA 6 - Esquema do reator para degradação fotoquímica, cujos Componentes são: (1) Reatores, (2) lâmpada de mercúrio 250 W, (3) lâmpada de mercúrio de 400 W, (4) agitador, (5) bombona plástica de 50L e (6) tubos de quartzo.....	24
FIGURA 7 - Resíduo bruto (primeiros experimentos) do curtume sem nenhum tratamento em contraste com a água deionizada utilizada para a limpeza dos equipamentos.....	25
FIGURA 8 - Resíduo terciário do curtume em contraste com a água deionizada utilizada para a limpeza dos equipamentos.....	25
FIGURA 9 - Espectro UV/Vis do Efluente de curtume, comprimentos de onda máximo $\lambda = 280\text{nm}$ .....	28

FIGURA 10 – Espectro UV/Vis do Efluente de curtume, em diferentes tempos de degradação.....	29
FIGURA 11 - Valores de após 4h de experimento medindo pelo espectrofotômetro (UV/Vis) com uma onda de 280 nm em uma bombona de 50L de efluente bruto.....	30
FIGURA 12 - Degradação fotoquímica por um período de 3 horas com absorvância de 280 nm, realizada com 5L de efluente bruto.....	31
FIGURA 13 - Degradação fotoquímica com absorvância de 280 nm num período de 3 horas, utilizando 5L de efluente bruto de curtume.....	32
FIGURA 14 - Degradação fotoquímica com absorvância de 280 nm, utilizando 5L de efluente terciário.....	34
FIGURA 15 – Comparação entre fotodegradação realizada com lâmpada de 250 W e 400 W.....	36
FIGURA 16 – Valores de absorvância <i>versus</i> tempo de degradação, comparando repetições do mesmo experimento, potência 650 W.....	39

UNIVATES

## LISTA DE TABELAS

TABELA 1 – Valores de absorvância após 3 horas em comprimento de onda de 280 nm.....	29
TABELA 2 – Absorvância 280 nm <i>versus</i> tempo.....	31
TABELA 3 – Absorvância de 280 nm <i>versus</i> tempo, efluente bruto.....	32
TABELA 4 – Absorvância de 280 nm <i>versus</i> tempo, efluente terciário.....	33
TABELA 5 – Comparação de valores de absorvância de tratamentos fotodegradativos com lâmpada de 250 W e 400 W, em célula de 5L.....	35
TABELA 6 – Comparação de valores de absorvância e DQO de tratamentos fotodegradativos com lâmpada de 250 W + 400 W, em célula de 50L.....	37
TABELA 7 – Comparação de valores de absorvância e DQO de tratamentos fotodegradativos com lâmpada de 250 W, 400 W e 250 W + 400 W, em célula de 50L.....	40

## LISTA DE QUADROS

QUADRO 1 – Parâmetros de emissão dos efluentes.....	14
QUADRO 2 – Consumo de Produtos Químicos utilizados na ETE – OUT/08.....	52
QUADRO 3 – Consumo de Produtos Químicos utilizados na ETE - NOV/08.....	53
QUADRO 4 – Consumo de Produtos Químicos utilizados na ETE – DEZ/08.....	54
QUADRO 5 – Consumo de Produtos Químicos utilizados na ETE – JAN/09.....	55
QUADRO 6 – Equipamentos utilizados na ETE com suas respectivas potências e consumo de energia elétrica.....	56
QUADRO 7 – Valores gastos por equipamentos em dias trabalhados.....	57
QUADRO 8 – Volume de Efluente tratado para obter a produção – NOV/08.....	58
QUADRO 9 – Volume de Efluente tratado para obter a produção – DEZ/08.....	60
QUADRO 10 – Volume de Efluente tratado para obter a produção – JAN/09....	61
QUADRO 11 – Energia consumida em kW em relação as horas trabalhadas no ETE mês de novembro de 2008.....	62
QUADRO 12 – Energia consumida em kW em relação as horas trabalhadas no ETE mês de dezembro de 2008.....	63
QUADRO 13 – Energia consumida em kW em relação as horas trabalhadas no ETE mês de janeiro de 2009.....	64
QUADRO 14 – Valores usados pela Corsan no Estado do Rio Grande do Sul para definir o valor da tarifa de indústria.....	65

## LISTA DE ESQUEMAS

ESQUEMA 1 – Esquema da estação de tratamento dos efluentes do curtume estudado.....	16
ESQUEMA 2 – Fases do Experimento.....	20
ESQUEMA 3 – Proposição de Tecnologia Alternativa.....	27

UNIVATES

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

CONSEMA	Conselho Estadual do Meio Ambiente
CORSAN	Companhia Riograndense de Saneamento
COT	Carbônico Orgânico Total
DQO	Demanda Química de Oxigênio
ETE	Estação de Tratamento
FEPAM	Fundação Estadual de Proteção Ambiental – Henrique Roessler
LACOR	Laboratório de Corrosão, Proteção e Reciclagem de Materiais
NEMP	Núcleo de Eletroquímica e Materiais Poliméricos
POAs	Processos Oxidativos Avançados
SISAUTO	Sistema de Auto Monitoramento de Efluentes Líquidos das Atividades Poluidoras Industriais
UV	Ultra -Violeta
Vis	Visível

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO.....</b>	<b>12</b>
<b>2 OBJETIVOS.....</b>	<b>18</b>
2.1 Objetivo geral.....	18
2.3 Objetivos específicos.....	18
<b>3 PROCEDIMENTO EXPERIMENTAL.....</b>	<b>19</b>
3.1 Amostragem.....	19
3.2 Degradação fotoquímica dos efluentes .....	20
3.3 Monitoramento do efluente.....	24
3.4 Avaliação dos custos diretos das tecnologias.....	26
3.5 Cálculo da eficiência do Processo.....	26
<b>4 RESULTADOS E DISCUSSÕES.....</b>	<b>27</b>
4.1 Efluente Bruto.....	28
4.2 Efluente Terciário.....	33
4.2.1 Comparação entre Lâmpadas de Diferentes Potências.....	34
4.2.1.1 Experimentos em célula de 5 Litros.....	35
4.2.1.2 Experimentos em célula de 50 Litros.....	36
4.3 – Avaliação e Comparação de Custos.....	42
<b>5 CONCLUSÕES.....</b>	<b>45</b>
<b>6 SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS.....</b>	<b>46</b>
<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>47</b>
<b>ANEXOS.....</b>	<b>51</b>

## 1 INTRODUÇÃO

A crescente geração de efluentes aquosos, decorrentes do aumento do número de indústrias, sendo as mesmas uma geradora de impactos ambientais e que traz um grande acúmulo de poluição para as reservas de água superficiais, subsuperficiais e subterrâneas. Poluição significa desperdício e ineficiência produtiva. Os resíduos industriais representam, na maioria dos casos, perdas de matéria-prima. Esta crescente degradação ambiental e a necessidade de preservação dos recursos naturais levam os processos de descartes de resíduos industriais à busca de soluções inovadoras e uma melhor harmonia das interferências do homem com o ambiente que o cerca.

Muitas indústrias consideram que as medidas de controle ambiental representam custos adicionais, mas isto pode ser revertido, representando ganhos econômicos, como por exemplo, fazer com que um efluente tratado retorne para o processo industrial, evitando, mais gastos com água e insumos (reaproveitamento), gerando uma visão de sustentabilidade e uma maior conscientização ambiental de todas as partes.

Na região do Vale do Taquari existem indústrias de curtimento de couro. Este setor é um grande consumidor de recursos naturais e um grande produtor de dejetos que, geralmente são descartados no meio ambiente – no estado *in natura* ou ineficientemente tratados em especial, nos ecossistemas aquáticos (Pascoal, 2007). As indústrias de curtimento de couro são valorosas representantes do extraordinário potencial poluidor do segmento industrial. Todo processo produtivo do couro curtido consome grande quantidade de água e, por conseguinte, gera também expressiva quantidade de efluentes líquidos e resíduos sólidos (Baird, 2002).

As águas residuárias de curtume já são submetidas a processos de tratamento preliminar (gradeamento, mistura e homogeneização - equalização, retenção de gorduras e lançamento em vazão regularizada), primário (coagulação, floculação e decantação) e secundário (aplicação de lodos ativados, valos de oxidação, lagoas aeradas, facultativas, etc.) (Andrade, 1998).

Dos resíduos destas empresas que mais agride ao meio ambiente é o cromo, este é um metal pesado e possui, então, alto grau de toxicidade sendo que é usado em grande escala para a transformação de peles de animais em um produto que resiste à biodegradação: o couro. O composto aplicado nesse processo é o sulfato de cromo III  $\text{Cr}_2(\text{SO}_4) \cdot x\text{H}_2\text{O}$ , comumente referido como sal de cromo. O composto promove o enrijecimento da pele, garantindo a preservação do produto final.

Deve salientar-se a real importância de estar repassando informações de avanços tecnológicos em pesquisas, possibilitando a pesquisadores, técnicos e demais pessoas envolvidas diretamente no processo um contínuo aprendizado acarretando no desenvolvimento de novos processos. Faz-se necessário, urgentemente encontrar tecnologias viáveis economicamente e com resultados efetivos na redução do passivo ambiental.

O presente trabalho propõe uma avaliação da aplicação de uma tecnologia alternativa para tratamento de efluentes de curtume, o processo de fotodegradação, considerando a viabilidade financeira do uso desta tecnologia e seu efeito no resíduo.

Os efluentes de curtume apresentam grande concentração de sólidos orgânicos em suspensão. Essa elevada carga orgânica provoca em muitos casos, depleção do oxigênio dissolvido e modificações na comunidade biológica (Crespilho, 2004). Além disso, a forte coloração acarreta alterações na biota aquática nos leitos receptores desses resíduos.

O Curtume onde as amostras dos efluentes foram coletadas para a realização desta Dissertação, está classificado como atividade de recurtimento e acabamento de couros, como uma capacidade produtiva máxima de 80.000 m<sup>2</sup>, conforme a licença de operação da Fundação Estadual de Proteção Ambiental – RS (FEPAM).

Quanto a seus efluentes líquidos, ele está incluído no Sistema de

Automonitoramento de Efluentes Líquidos das Atividades Poluidoras Industriais localizadas no Estado do Rio Grande do Sul – SISAUTO, atualizado pela resolução CONSEMA n°01 de 20/03/98, na classe “C”, devendo realizar medições e análises de seus efluentes líquidos trimestralmente, a Planilha de acompanhamento de efluentes líquidos, determina os parâmetros, as freqüências de medições e os tipos de amostragem conforme quadro abaixo.

QUADRO 1 – Parâmetros de emissão dos efluentes

Parâmetros	Padrão de Emissão a ser atendido	Freqüência de medição	Tipo de amostragem
Temperatura	Inferior a 40 °C C sendo a variação de temperatura do corpo receptor inferior a 3 °C na zona de mistura	diária	simples
Sol. Sedimentáveis	até 1mil/l, em teste de 1 hora em cone Imhoff	bimestral	composta
pH	Entre 6,0 e 9,0	diária	simples
Espumas	Virtualmente ausentes	-	composta
Materiais flutuantes	Ausentes	-	-
Odor	Livre de odor desagradável	-	-
Cor	Não deve conferir mudança de coloração ( cor Verdadeira) ao corpo hídrico receptor	-	-
DBO <sub>5</sub> (20°C)	até 120 mg/l	bimestral	composta
DQO	até 330 mg/l	mensal	composta
Sólidos Suspensos	até 140 mg/l	bimestral	composta
Cloretos	-	mensal	composta
Fósforo Total	até 3 mg P/l ou 75% de remoção *	bimestral	composta
Nitrogênio Total Kjeldahl **	até 20mg N/l ou 75% de remoção*	bimestral	composta
Cromo Total	até 0,4 mg/Cr	bimestral	Composta
Coliformes Termotolerantes	até 10 <sup>4</sup> NMP/100 ml ou 95% de remoção*		Simple
Vazão	-	diária	simples

Fonte: Consema (09/06/2008)

\* as empresas que optarem por trabalhar com eficiência de remoção deverá apresentar laudos de

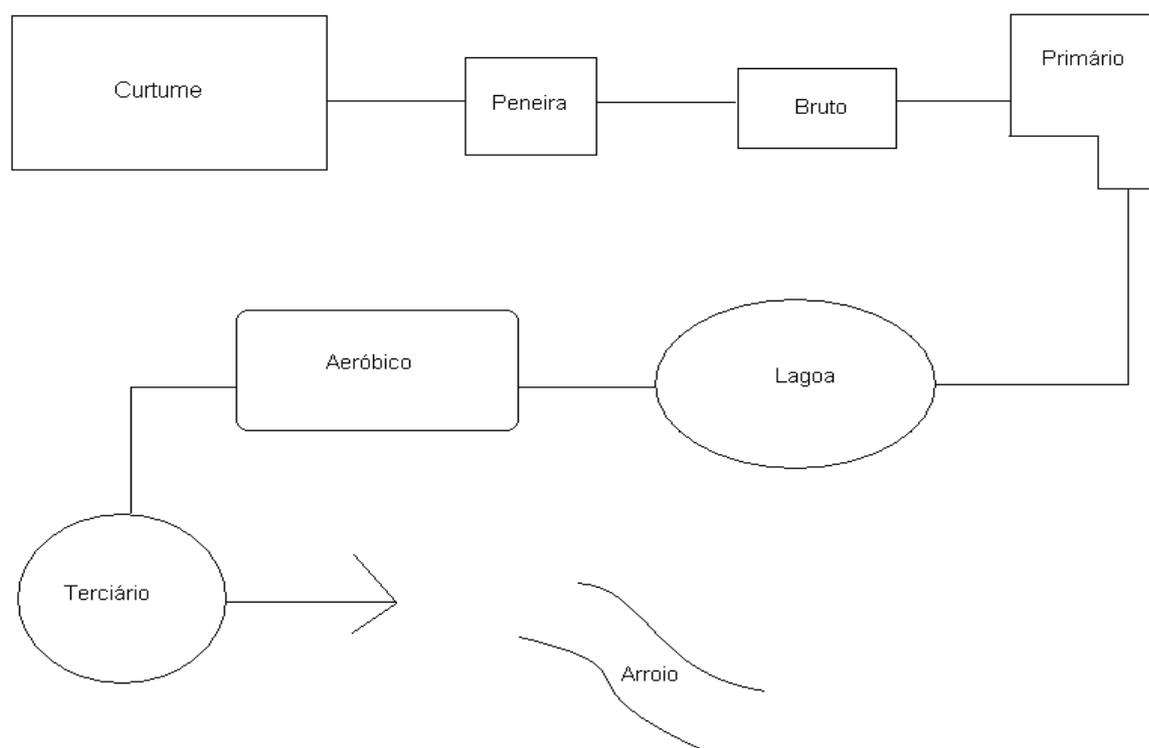
análise dos efluentes brutos e tratados para o respectivo parâmetro.

\*\* caso a empresa opte por apresentar laudos comprovando a eficiência mínima fixada para a remoção do NTK, deverá, também, comprovar o atendimento do padrão de emissão relativo ao parâmetro Nitrogênio amoniacal = 20 mg/L;

Os tratamentos de efluentes industriais envolvem processos destinados à redução e à remoção de impurezas geradas na fabricação de produtos. Os métodos de tratamento estão diretamente associados ao tipo de efluente gerado, ao controle operacional da indústria e as características da água utilizada (Feng, 2006; Crespilho, 2004). As etapas de tratamento utilizadas no Curtume onde foram feitas as coletas de resíduos para esta Dissertação são, o tratamento primário, tratamento aeróbico e o tratamento terciário, no Esquema 1, demonstra o fluxo do efluente do curtume ao seu descarte no arroio.

Os principais componentes presentes nos efluentes de curtume são:

- Sulfato de Cromo Trivalente;
- Ácido sulfúrico;
- Cloreto de sódio;
- Sulfato de amônia;
- Sulfato de sódio;
- Sais de alumínio;
- Corantes AZO – vermelho ácido 8
- direct black 38



ESQUEMA 1 – Esquema da estação de tratamento dos efluentes do curtume estudado.

Dentre os vários processos podem-se destacar os tratamentos físico-químicos, caracterizados por métodos de separação de fases, a saber: sedimentação, decantação, filtração, centrifugação, coagulação e floração dos resíduos. Vários dos processos utilizados no tratamento de efluentes industriais envolvem a adição de insumos químicos, gerando em muitos casos, lodo ao seu final. Existem, porém, processos alternativos (Bertazolli, 2002, Feng, 2006) a esses, tais como: Processos Oxidantes Avançados (POAs, por brevidade) e fotólise direta. Esses processos estão baseados, por exemplo, em tecnologias capazes de gerar espécies altamente oxidantes (Nogueira, 1998), em quantidade suficiente para provocar a mineralização / destruição de poluentes (solutos), dentre eles a matéria orgânica. Os POAs podem ser classificados em sistemas homogêneos ou heterogêneos, conforme a ausência ou a presença de catalisadores na forma sólida respectivamente, além de poderem estar ou não sob-irradiação. Esses processos estão se tornando cada vez mais uma tecnologia limpa aplicável ao tratamento de águas residuárias, sendo necessária a adequação dos parâmetros

experimentais ao tipo de efluente a ser tratado. Na fotólise direta com ultravioleta (UV) (Silva 2008), a luz é a única fonte capaz de produzir a degradação (destruição) do poluente.

Já foram desenvolvidos trabalhos que demonstram a aplicação da fotólise e da fotoeletroxidação em efluentes de curtume (Paschoal, 2007), o grupo de pesquisa do LACOR (Laboratório de Corrosão, Proteção e Reciclagem de Materiais) (Rodrigues, 2008, Xavier, 2006) investigou a aplicação da fotólise e da fotoeletroxidação em efluentes de curtume. Foi utilizado um foto-reator com ânodos de  $70\text{TiO}_2/30\text{RuO}_2$  e lâmpada de vapor de mercúrio de 400 W de radiação UV. Aplicando, nos experimentos de fotoeletroxidação, uma corrente de  $42 \text{ mA}\cdot\text{cm}^{-2}$  e tempo de reação de 3 horas, foi obtida uma redução de Carbônico Orgânico Total (COT) em torno de 77% e de Demanda Química de Oxigênio em torno de 83% para volumes de efluentes de 50 L. Também, em outros estudos já realizados (Tiburtius, 2005, de Moraes, 2006) foram feitas inferências em relação a custos envolvidos na aplicação de Processos Oxidativos Avançados (POAs). Neste trabalho realizou-se a aplicação de fotólise com incidência de radiação UV no efluente, além da avaliação dos custos de aplicação desta tecnologia, onde se pode enumerar algumas vantagens e desvantagens do uso de fotólise no tratamento de efluente.

a) Vantagens observadas na fotólise:

- Utilizam-se equipamentos simples e de fácil operação podendo ser controlados de maneira automatizada.
- Formam-se flocos mais estáveis, os quais podem ser removidos por filtração.
- O processo de fotólise diminui a necessidade de produtos químicos nos tratamentos, minimizando, conseqüentemente, o impacto negativo no meio ambiente.

b) Desvantagens observadas na fotólise.

- As lâmpadas precisam ser substituídas quando perdem potência.
- O custo da energia elétrica em comparação com outras energias

## **2 OBJETIVOS**

### **2.1 Objetivo Geral**

Esta dissertação tem como objetivo principal discutir a avaliação de tecnologia avançada (Fotodegradação), para tratamento de efluentes de curtume.

### **2.2 Objetivos Específicos**

2.1 – Testar e avaliar tecnologia avançada de tratamento de efluentes;

2.2 Comparar o tratamento de fotodegradação com tratamentos convencionais;

2.3 – Estimar custos envolvidos no processo em escala laboratorial (bancada) e escala piloto.

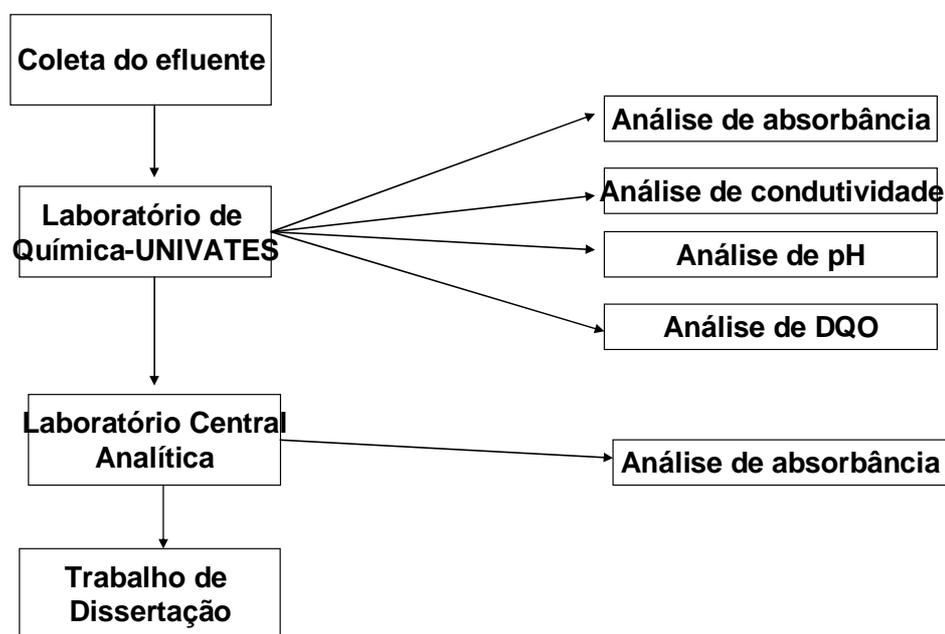
## 3 PROCEDIMENTO EXPERIMENTAL

### 3.1 Amostragem

Neste estudo foram utilizados efluentes de um curtume. As amostras foram coletadas no período de outubro de 2007 a novembro de 2008. Foram realizadas 17 coletas, sendo que as três primeiras foram de efluente bruto, sem nenhum tipo de tratamento e nas demais, foi coletado efluente terciário (efluente que resulta do tratamento biológico). A constituição do efluente bruto compreende concentrações elevadas de cromo e matéria orgânica. Para realizar a coleta deste efluente foi utilizado frascos plásticos de 50L e de 5L e as análises destes, foram realizadas no mesmo dia em que ocorreu a coleta no laboratório de Físico-Química da UNIVATES. A condutividade inicial e final dos efluentes, foram medidas pelo condutímetro OAKTON – COM5. Para medir o pH inicial e final dos efluentes, foi utilizado o pHmetro DIGIMED DM – 20, a absorvância dos efluentes utilizou-se o espectrofotômetro FEMTO – 700 Plus e foi medida a DQO (demanda química de oxigênio) – segundo metodologia descrita (APHA 2005), além de observar a temperatura inicial e final de cada experimento. Para ter um grau maior de confiabilidade nos resultados, todas as análises foram feitas em triplicata (Ribani 2004).

No Esquema 2 é apresentado todas as fases que envolveu o experimento, desde a coleta do efluente no curtume, os laboratórios nos quais foram feitas as análises, terminando neste trabalho de Dissertação.

# Fases do Experimento



ESQUEMA 2 – Fases do Experimento

## 3.2 Degradação fotoquímica dos efluentes

Os experimentos foram realizados no laboratório de química da UNIVATES, na cidade de Lajeado – RS. Para realizar estes experimentos em primeiro lugar foi utilizado um recipiente plástico com capacidade de 50L (Figura 1), um agitador (FESATOM 713 D de 4.500 rotações), um tubo de quartzo, no interior do qual foi colocado o filamento de uma lâmpada de vapor de mercúrio de 250 W (OSRAM HQL), descrito na (Figura 2). O resíduo utilizado nos três primeiros experimentos foi 50L de efluente bruto de um curtume sem sofrer qualquer tipo de tratamento, durante o período de 4h.

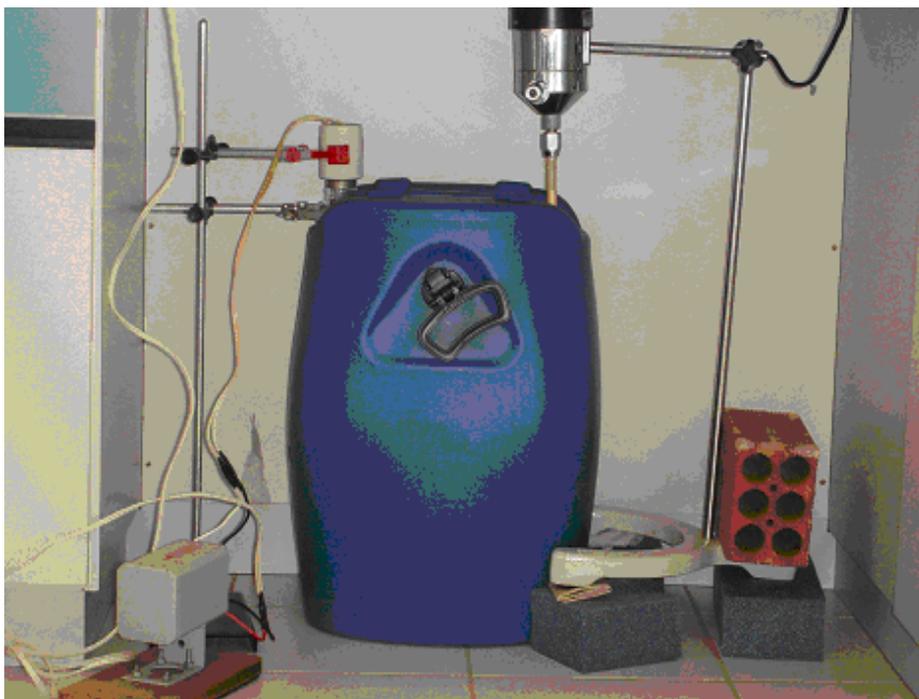


FIGURA 1 – Foto do reator para degradação de resíduos para processo fotoquímico (50L).

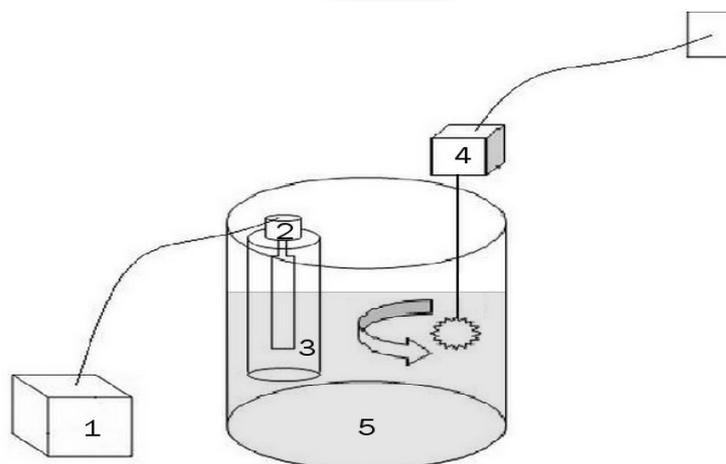


FIGURA 2 – Esquema do reator para degradação fotoquímica, cujos componentes são: (1) reator, (2) célula de acrílico, (2) lâmpada de mercúrio 250W, (3) tubo de quartzo (4) agitador, (5) bombona plástica 50L.

Nos experimentos seguintes foi utilizado um reator para realizar a degradação fotoeletroquímica, (Figura 3 e 4) STULP 2005, o qual foi construído pela equipe do Núcleo de Eletrofotocímica e Materiais Poliméricos/UNIVATES (NEMP) e é formado por uma célula de acrílico de 6L de dimensões 350 mm X 160 mm, um tubo de quartzo (no interior da qual foi colocado o filamento de uma lâmpada) e uma bomba de recirculação submersa SARLO BETTER de vazão de  $90\text{L}\cdot\text{h}^{-1}$ .

Os resíduos sofreram a ação por meio de irradiação ultravioleta (UV) com duração de 3 horas. A irradiação foi feita com filamento de uma lâmpada de vapor de mercúrio de 250 W (OSRAM HQL) C.P. da Silva 2008, cuja cobertura original foi previamente removida (Figura 4) e utilizou-se filamento de uma lâmpada de vapor de mercúrio de 400 W para a comparação de sua eficiência (Silva 2008, da Silva 2008).

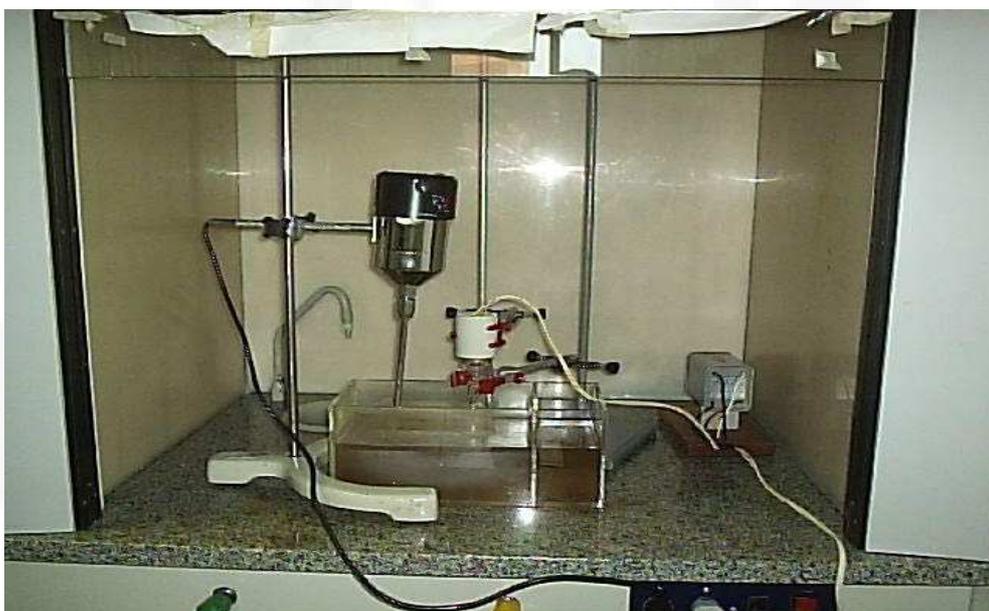


FIGURA 3 - Foto do reator para degradação de resíduos de curtume pelo processo fotoquímico (5L).

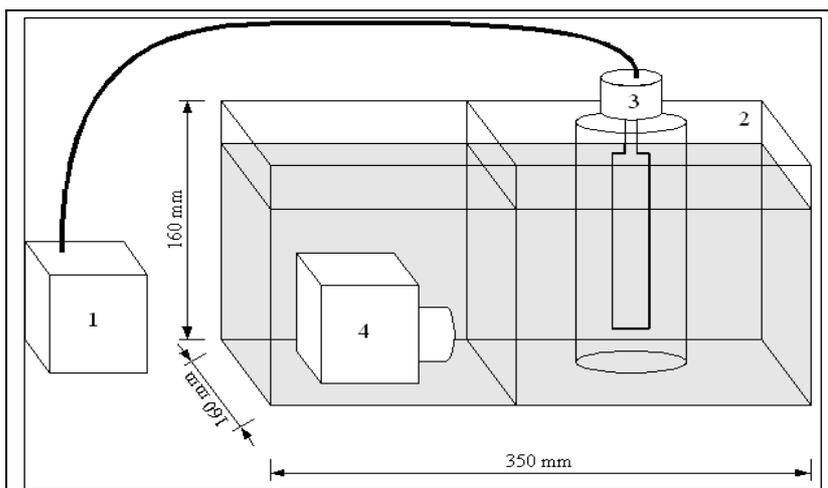


FIGURA 4 - Esquema do reator para degradação fotoquímica, cujos Componentes são: (1) reator, (2) célula de acrílico, (3) lâmpada de mercúrio 250W, (4) bomba de recirculação e (5) tubo de quartzo.

Foram realizados mais três experimentos, onde foi utilizado um recipiente plástico com capacidade de 50L (Figura 1), um agitador (FESATOM 713 D de 4.500 rotações), dois tubos de quartzo no interior do qual foi colocado o filamento de uma lâmpada de vapor de mercúrio de 250 W (OSRAM HQL) em um e no outro o filamento de lâmpada de vapor de mercúrio de 400 W, fazendo com que o efluente terciário sofra uma irradiação por um período de 3 horas de 650 W (Figuras 5 e 6).



FIGURA 5 - Foto do reator para degradação de resíduos de curtume pelo processo

fotoquímico utilizando dois filamentos ao mesmo tempo um de 250 W e o outro de 400 W (50L).

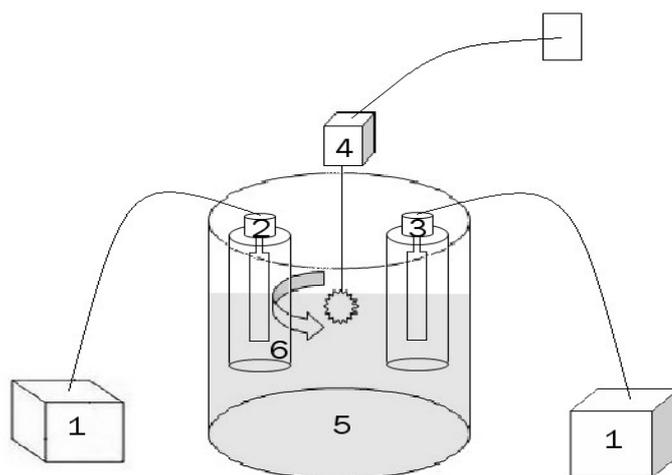


FIGURA 6 - Esquema do reator para degradação fotoquímica, cujos Componentes são: (1) Reatores, (2) lâmpada de mercúrio 250 W, (3) lâmpada de mercúrio de 400 W, (4) agitador, (5) bombona plástica de 50L e (6) tubos de quartzo.

### 3.3 Monitoramento do efluente

O monitoramento deste processo foi através de medidas de absorvância na região UV/Vis utilizando um espectrofotômetro UV-visível (Perkin Elmer Lambda 25 UV-Vis Spectrometer) na faixa de comprimento de onda de 280 nm (comprimento de onda próximo à região dos aromáticos) SOUZA 2005. As medições de absorvância do resíduo do curtume foram realizadas a cada 30 minutos. Além desta análise mediu-se a DQO inicial e final dos efluentes. Nas figuras 7 e 8 há uma comparação da coloração dos efluentes (antes da aplicação do processo fotoquímico) em

comparação à água deionizada.



FIGURA 7 - Resíduo bruto (primeiros experimentos) do curtume sem nenhum tratamento em contraste com a água deionizada utilizada para a limpeza dos equipamentos



FIGURA 8 - Resíduo terciário do curtume em contraste com a água deionizada utilizada para a limpeza dos equipamentos.

### 3.4 Avaliação dos custos diretos das tecnologias

Observando o processo produtivo da empresa cujos resíduos estão sendo analisado neste experimento, onde temos o cromo (principalmente sulfeto de cromo) o responsável pela transformação da pele em material estável e imputrescível, e grande quantidade de matéria orgânica presente no efluente. A metodologia para o levantamento dos custos envolvidos em cada item do tratamento levou em consideração: (1) O consumo de produtos químicos em quilos e valores, utilizado em todas as etapas da estação de tratamento dos efluentes (ETE) de curtume nos meses de novembro, dezembro e janeiro de 2009, ver Quadros (3,4 e 5). (2) Os equipamentos utilizados no ETE com suas respectivas potencias e consumo de kWh, ver ANEXO A. (3) Produção diária de m<sup>2</sup> de couro com o respectivo volume de tratamento de efluente tratado e o valor deste consumo., ver Quadro 7. (4) Consumo diário de kW do tratamento convencional e a alternativa pesquisada (Oenning Junior, 2007; Oenning Junior, 2008, Souza, 2004).

### 3.5 Cálculo da eficiência do Processo

Para o cálculo de eficiência da degradação fotoquímica, podem ser utilizadas duas possibilidades de figura de mérito, uma para altas concentrações de resíduos e outra para baixas concentrações.

O cálculo de eficiência (Bolton, 2001) (figura de mérito) considerando a condição de altas concentrações de composto orgânico (já que se trata de um efluente) será realizado por meio de avaliação da energia elétrica por unidade de massa ( $E_{EM}$ ) (kWh/kg), de acordo com a seguinte Equação.

$$E_{EM} = \frac{P \cdot t \cdot 10^6}{V (y_i - y_f)}$$

Onde: P = potência da lâmpada em kW, t = tempo em horas, V = volume em litros,  $y_i$  = DQO inicial e  $y_f$  = DQO final.

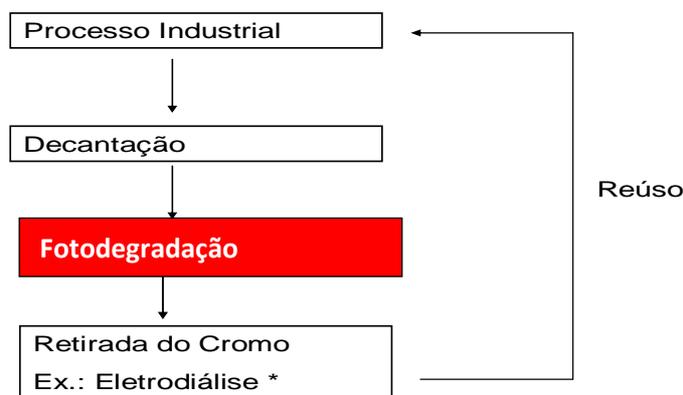
## 4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Serão apresentados, inicialmente, os dados obtidos a partir da análise da fotodegradação do efluente bruto do curtume. Posteriormente serão apresentados os dados pertinentes a aplicação da degradação fotoquímica aos efluentes terciários de curtume.

Os resultados serão analisados e discutidos comparativamente. O Esquema 3, apresenta o fluxograma da preposição de tecnologia alternativa, Fotodegradação, e cabe salientar que para esta proposição, a água entra em processo de reúso no sistema industrial, caracterizando uma proposta de tecnologia limpa.

Quanto a condutividade e o pH nas dezessete coletas de efluentes, os resultados observados nos experimentos nos mostrou que, em 76% ocorreu um aumento da condutividade, tornando o efluente melhor condutor de energia, com relação aos valores de pH, em 88% dos experimentos houve um aumento no valor do pH, o efluente tornou-se menos ácido se aproximando da neutralidade que é 7.

### Proposição de Tecnologia Alternativa



\*Rodrigues et al., 2008

ESQUEMA 3 – Proposição de Tecnologia Alternativa

#### 4.1 Efluente Bruto

Foram realizados experimentos com resíduos do curtume no laboratório de Química na UNIVATES – RS, o primeiro experimento foi realizado com resíduo bruto (sem nenhum tratamento) em uma bobona plástica de 50L, onde foram determinados a condutividade, pH e a absorbância, conforme descrito na Tabela 1 e Figura 11, para produzir a degradação do poluente foi utilizado um filamento de uma lâmpada de mercúrio de 250 W.

A degradação fotoquímica foi realizada em um período de 4 horas, utilizando um comprimento de onda de 280 nm, para fazer a leitura da absorbância dos dados obtidos. Na Figura 9 tem se o espectro de varredura realizado com o efluente de curtume, onde foi verificado o comprimento de onda máximo para balizar as leituras realizadas em todos os experimentos, utilizando sempre o mesmo comprimento de onda de 280 nm.

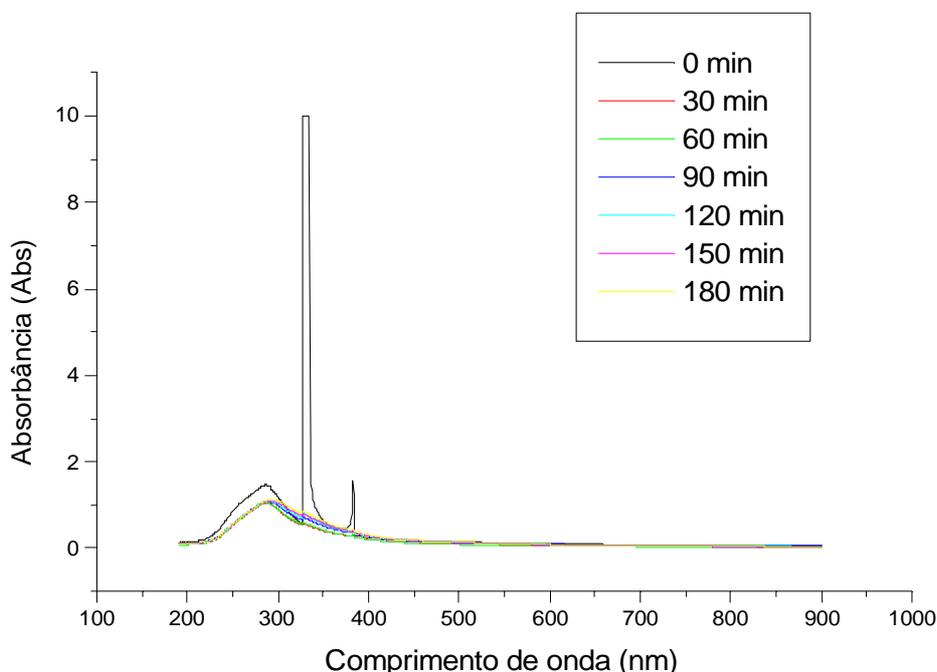


FIGURA 9 - Espectro UV/Vis do Efluente de curtume, comprimentos de onda máximo  $\lambda = 280\text{nm}$ .

Na Figura 10 podemos verificar a tendência de decréscimo da banda característica de absorção do efluente estudado, indicando a degradação dos compostos orgânicos presentes no efluente estudado.

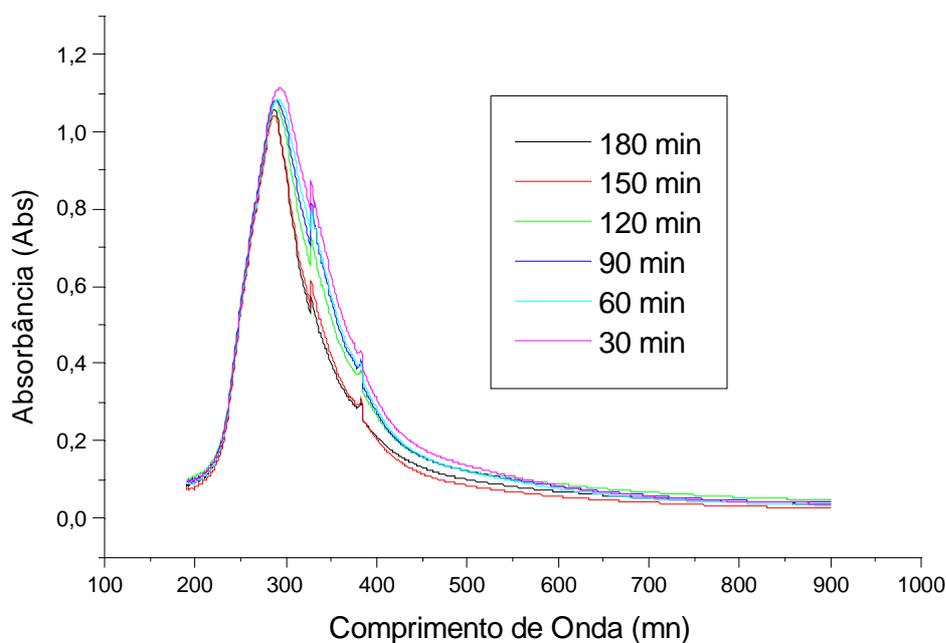


FIGURA 10 – Espectro UV/Vis do Efluente de curtume, em diferentes tempos de degradação.

a) pH do resíduo bruto 6,58

b) Condutividade apresentada após 4 diluições de 50% = 176,5  $\mu$ S

TABELA 1 - Absorbância 280 nm *versus* tempo.

Tempo/min	0	30	60	90	120	150	180	210
Absorbância	2,055	1,985	2,025	2,025	2,315	2,315	2,315	2,535

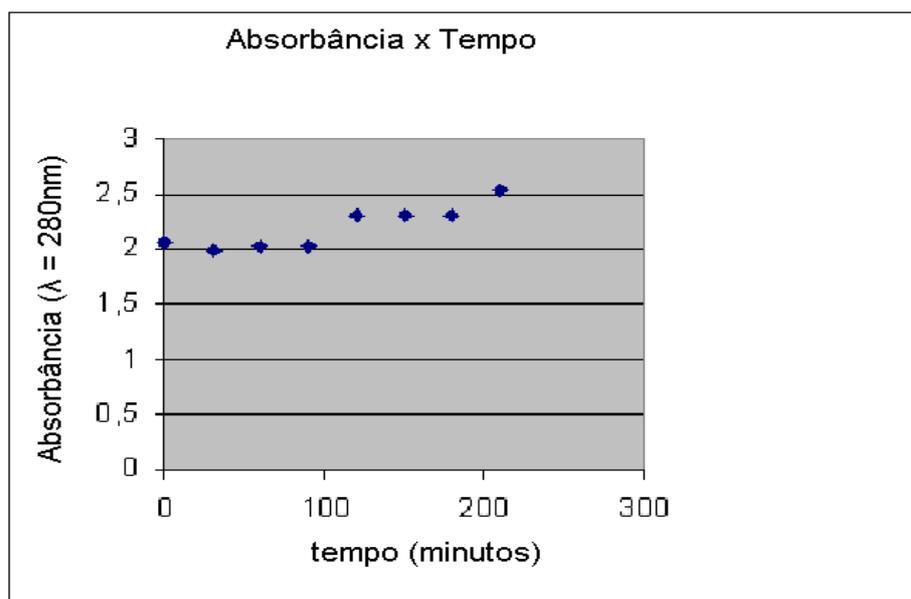


FIGURA 11 – Valores de após 4h de experimento medindo pelo espectrofotômetro (UV/Vis) com um comprimento de onda de 280 nm em uma bobona de 50L de efluente bruto.

O experimento conforme ilustrado na Tabela 1 demonstra que nos primeiros 30 minutos ocorreu uma leve tendência de declínio no valor da absorvância e que logo após ocorreu um acréscimo seguido de estabilização, mas depois de duas horas de radiação UV, sua absorvância começou a se elevar causada pelo aparecimento de partículas (sólidos em suspensão) que começaram a se formar.

O segundo experimento foi realizado em uma célula com capacidade de 5L, foi colocado o resíduo bruto de curtume, fazendo a medição da absorvância de 30 em 30 minutos usando a espectrofotômetro com comprimento de onda de 280 nm, por um período de 3 horas (Figura 12).

- a) pH do resíduo bruto – 6,98
- b) Condutividade – foi realizado 4 diluições de 50% = 157,8  $\mu$ S

TABELA 2 - Absorbância 280 nm *versus* tempo

Tempo/min	0	30	60	90	120	150	180
Absorbância	2,585	2,495	2,327	2,315	2,315	2,327	2,387

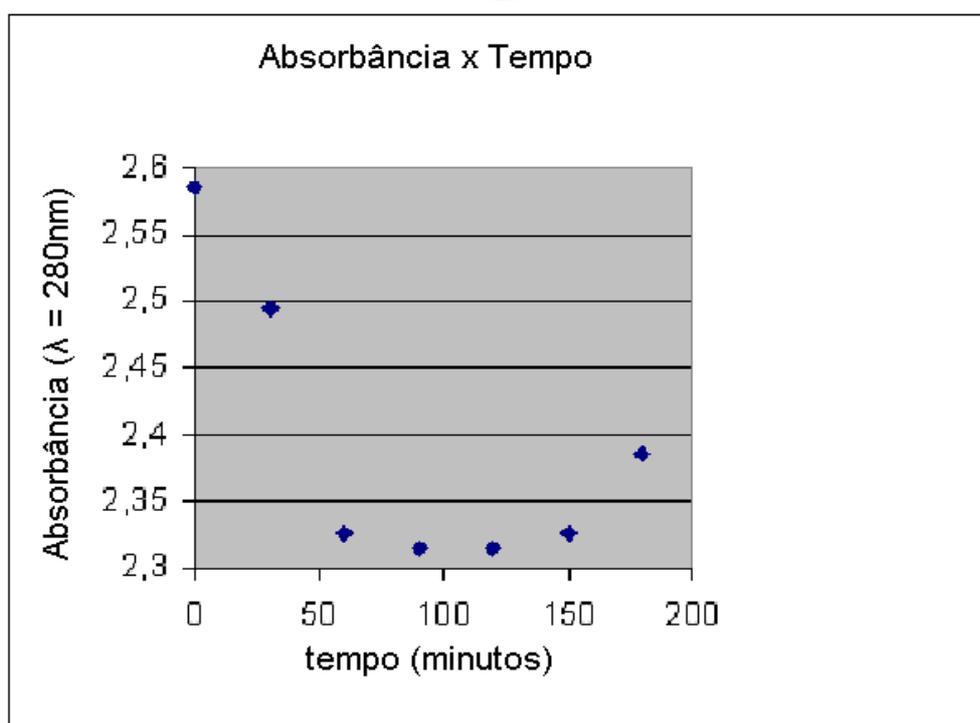


FIGURA 12 - Degradação fotoquímica por um período de 3 horas com absorbância de 280 nm, realizada com 5L de efluente bruto.

Com base na Figura 12, pode-se verificar a ocorrência, no início do experimento, uma tendência de baixa na absorbância do resíduo e após duas horas de experimento, a ocorrência de elevação da absorbância pela presença de partículas junto ao resíduo (sólidos em suspensão), concordante com resultados da literatura (Xavier – 2006).

O terceiro experimento foi realizado em 3 horas, nas mesmas condições que o segundo experimento, como duplicata, e os resultados podem ser observados na Figura 13 e Tabela 3.

a) pH do resíduo bruto – 6,81

b) Condutividade – foi realizada 4 diluições de 50% = 121  $\mu$ S

TABELA 3 - Absorbância de 280 nm *versus* tempo, efluente bruto

Tempo/min	0	30	60	90	120	150	180
Absorbância	2,244	2,222	2,013	2,346	2,346	2,537	2,537

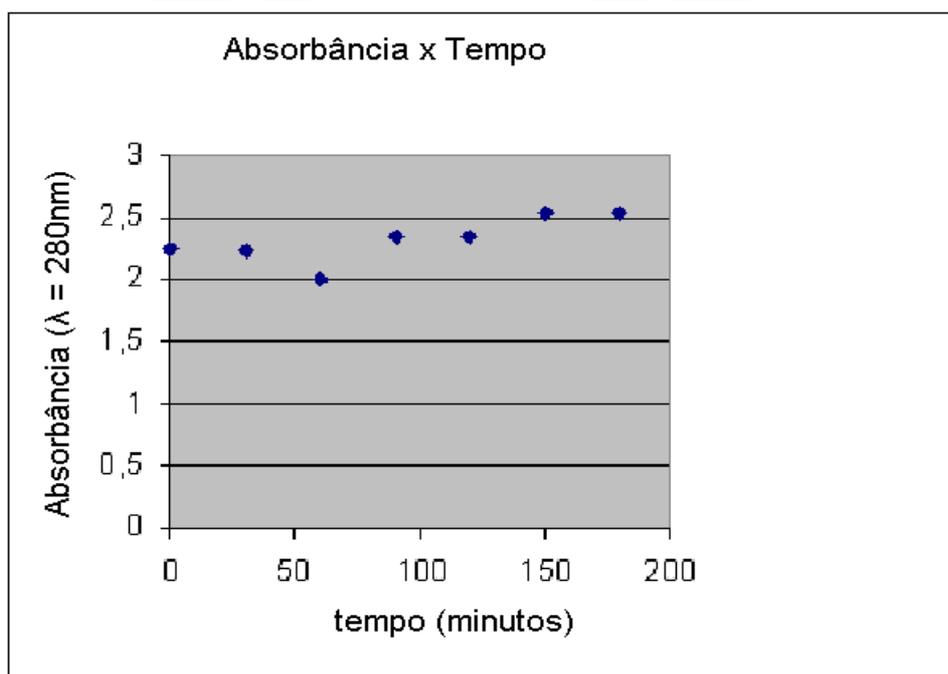


FIGURA 13 - Degradação fotoquímica com absorbância de 280 nm num período de 3 horas, utilizando 5L de efluente bruto de curtume.

Na Figura 13 verifica-se a ocorrência de diminuição inicial da absorbância, porém no prosseguimento do experimento ocorreu o mesmo comportamento dos experimentos anteriores, ou seja, elevou-se a absorbância ficando acima do valor

inicial.

Portanto, os resultados obtidos permitem concluir que, a lâmpada de 400 W se mostra mais eficiente no tratamento de efluentes de curtume em célula de 5L de fotodegradação.

#### 4.2 Efluente Terciário

A partir do quarto experimento começou-se a utilizar o efluente proveniente do tratamento terciário do curtume, já que a proposta de Processos Oxidantes Avançados é substituir, geralmente, tratamentos terciários convencionais. Os resultados estão presentes na Figura 14 e Tabela 4. Estes experimentos de fotodegradação foram realizados com lâmpada de mercúrio de 250 W.

a) pH do resíduo terciário – 6,77

b) Condutividade – foi realizada 16 diluições de 50% = 191,6  $\mu$ S

TABELA 4 - Absorbância de 280 nm *versus* tempo, efluente terciário.

Tempo/min	0	30	60	90	120	150	180
Absorbância	1,46031	1,05753	1,04044	1,03008	1,03735	1,03206	1,03454

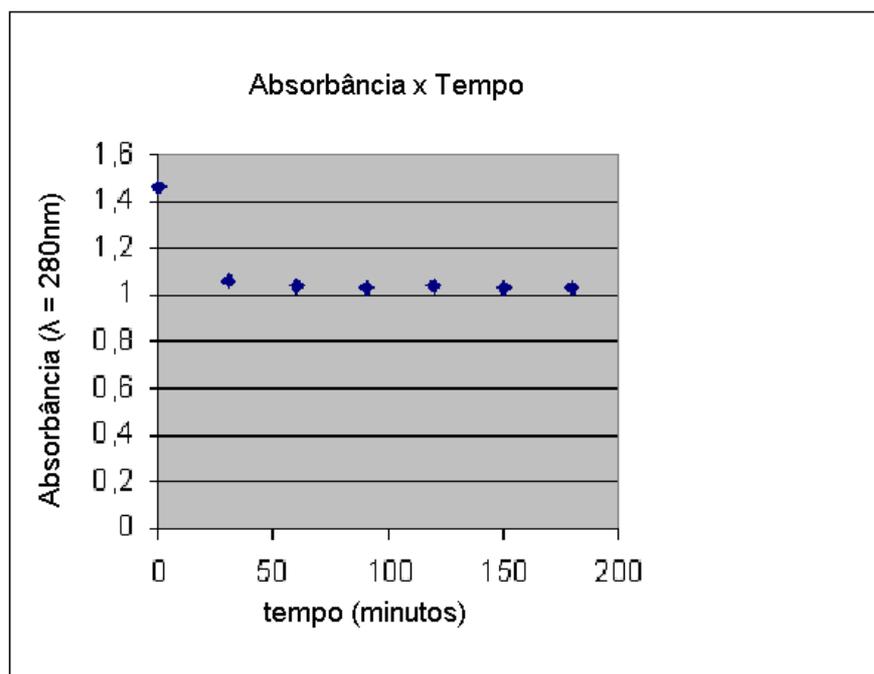


FIGURA 14 - Degradação fotoquímica com absorvância de 280 nm, utilizando 5L de efluente terciário.

Utilizando efluente terciário neste experimento pode-se verificar que os valores de absorvância diminuíram em função do tempo de degradação fotoquímica, ocorreu uma queda acentuada na primeira meia hora conforme pode ser verificado na Figura 14 e depois se manteve constante com pequenas variações, não mostrando tendência de aumento como nos experimentos anteriores. Em comparação ao valor inicial da absorvância, o valor após 3 horas de degradação fotoquímica apresentou redução em torno de 29,15%.

#### 4.2.1 Comparação entre Lâmpadas de Diferentes Potências

Foram realizados experimentos com filamentos de lâmpadas de mercúrio de 250 W e 400 W, em células de 5L e células de 50L. Estes experimentos tiveram por objetivo a determinação da lâmpada a ser utilizada nos tratamentos de degradação fotoquímica dos efluentes de curtume estudados.

#### 4.2.1.1 Experimentos em célula de 5 Litros

Comparando o uso das lâmpadas em 5 litros de resíduo. O primeiro experimento ocorreu no dia 07/05/2008 e o segundo no dia 08/09/2008.

TABELA 5 – Comparação de valores de absorvância de tratamentos fotodegradativos com lâmpada de 250 W e 400 W, em célula de 5L.

Tempo/Absorvância 280nm	Absorvância 280 nm	Absorvância 280 nm
	Lâmpada UV de 250 W	Lâmpada UV de 400 W
0	0,606	0,627
30	0,604	0,475
60	0,572	0,438
90	0,570	0,324
120	0,561	0,317
150	0,569	0,285
180	0,559	0,236

Avaliando a Tabela 5, verifica-se que, utilizando a lâmpada de UV de 250 W obtivemos uma redução de **7,8%** na absorvância do resíduo após 180 minutos de experimento. Usando uma lâmpada de 400 W obtivemos uma redução de **62,4 %** na absorvância do resíduo após 180 minutos de experimento e que fica demonstrado através da Figura 15.

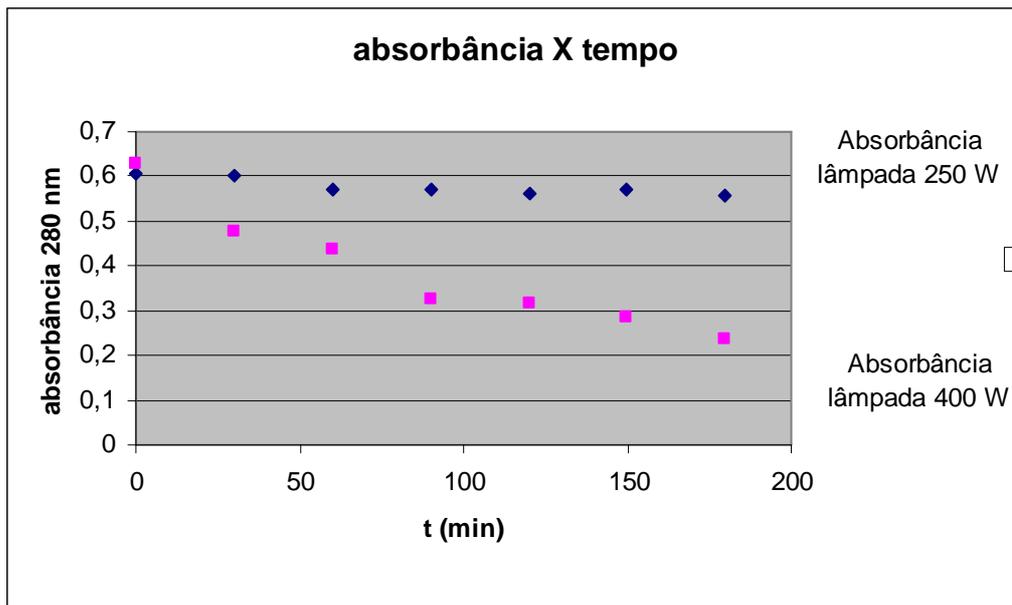


FIGURA 15 – Comparação entre fotodegradação realizada com lâmpada de 250 W e 400 W.

Verifica-se que a degradação fotoquímica de efluentes de curtume foi mais eficiente com lâmpada de 400 W nos experimentos realizados em célula de 5 litros.

#### 4.2.1.2 Experimentos em célula de 50 Litros

Este Experimento tem por objetivo fazer a comparação de tratamento alternativo observando a utilização de tecnologias limpas e os custos desta utilização.

Para realizar a degradação fotoquímica do efluente aplicamos radiação UV, utilizando dois reatores ao mesmo tempo, sendo que num reator foi utilizada uma lâmpada com potência de 250 W e no outro uma lâmpada com 400 W de potência, neste experimento foi realizado com 50 litros de efluente biológico (somatório de potência 650 W), o qual foi colocado em uma bombona plástica. As amostras deste estudo foram coletadas em três períodos diferentes, mas próximos, para comprovarmos que em cada dia ocorre uma situação diferente nos resíduos que vem da produção, conforme nos mostra a Tabela 6, onde a absorvância inicial de cada efluente difere de período para período. Para medir a absorvância do efluente

utilizou-se um espectrofotômetro UV-visível (Perkin Elmer Lambda 25 UV/Vis Spectrometer) na faixa de comprimento de onda de 280 nm. As medições de absorvância do efluente do curtume foram realizadas a cada 30 minutos e foram feitas análise de DQO conforme nos mostra os índices da Tabela 6.

TABELA 6 – Comparação de valores de absorvância e DQO de tratamentos fotodegradativos com lâmpada de 650 W, em célula de 50L.

Absorvância	Primeiro experimento	Segundo experimento	Terceiro experimento
Tempo/min	01/10/2008	11/11/2008	20/11/2008
0	1,620	1,208	1,947
30	1,631	1,222	2,066
60	1,664	1,292	2,113
90	1,658	1,301	2,107
120	1,627	1,321	2,113
150	1,660	1,354	2,179
180	1,682	1,393	2,199
DQO Inicial ( mg O <sub>2</sub> /L)	60,02	492,07	173,84
DQO Final (mg O <sub>2</sub> /L)	43,34	401,22	108,12
Eficiência do Processo (kWh)	2.338,12	429,27	593,42

Para a realização do cálculo da eficiência do processo não foram utilizados os dados de absorvância, pois devido à alta concentração do efluente e complexidade da matriz, há sólidos que não estão dissolvidos, estão acumulados no fundo do recipiente, no momento que começa o experimento, ocorre a solubilização dos sólidos, acarretando uma maior concentração das soluções, também a um aumento

da temperatura do efluente (Carvalho, 2008).

Os dados obtidos através da análise da DQO observam que em todos os resultados ocorreu uma redução em entre os valores finais e iniciais de 27,79% na primeira análise, 18,46% na segunda e 37,80% na terceira. Esta diferença pode ser explicada pelas diferentes constituições dos efluentes nos diferentes dias em que o efluente foi coletado.

Para fazer o cálculo da eficiência do Processo da degradação fotoquímica de alta concentração utilizou-se os valores obtidos na análise da DQO final e inicial. Encontraremos o valor de mérito utilizando a seguinte fórmula.

$$E_{EM} = \frac{P * t * 10^6}{V * (y_i - y_f)}$$

Onde: P = potência da lâmpada em kW, t = tempo em horas, V = volume em litros, Yi = valor da DQO inicial e yf = valor da DQO final acima, levando em consideração os valores da DQO obtidos a partir dos efluente em função do tempo.

#### \* Primeiro Experimento

$$E_{EM} = \frac{0,650 \times 3 \times 1.000.000}{50 \times (60,02 - 43,34)}$$

$$E_{EM} = 2.338,12 \text{ kWh}$$

#### \* Segundo Experimento

$$E_{EM} = \frac{0,650 \times 3 \times 1.000.000}{50 \times (492,07 - 401,22)}$$

$$E_{EM} = 429,27 \text{ kWh}$$

### \* Terceiro Experimento

$$E_{EM} = \frac{0,650 \times 3 \times 1.000.000}{50 \times (173,84 - 108,12)}$$

$$E_{EM} = 593,42 \text{ kWh}$$

O experimento conforme ilustrado na Tabela 6 e na Figura 16 demonstra que ocorreu uma elevação do valor da absorbância inicial para a final.

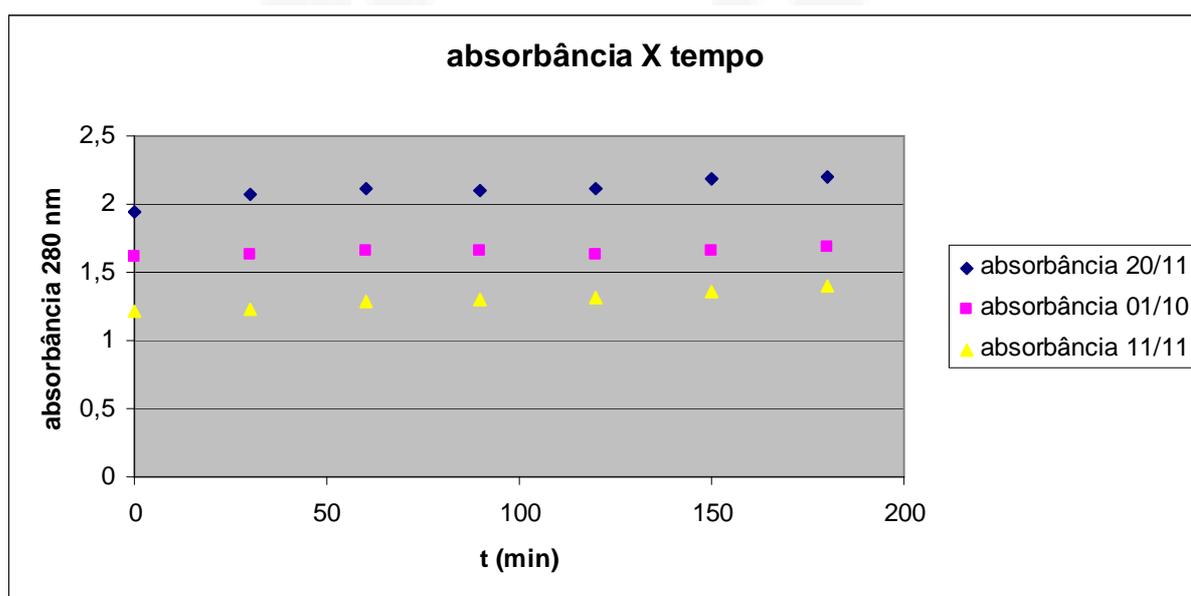


FIGURA 16 – Valores de absorbância *versus* tempo de degradação, comparando repetições do mesmo experimento, potência 650 W.

Foram realizados experimentos utilizando lâmpadas UV de 250 W, 400W separadamente e em conjunto 250 W e 400 W (somatório 650 W), por meio da avaliação da Tabela 7, verificam-se os parâmetros alcançados nos três experimentos, utilizando 50 litros de efluente biológico coletados em datas diferentes. Estes três experimentos foram escolhidos para avaliação e comparação

por apresentarem dados encontrados nas DQO mais próximos, para possibilitar a comparação, com base no cálculo da eficiência do processo.

TABELA 7 – Comparação de valores de absorbância e DQO de tratamentos fotodegradativos com lâmpada de 250 W, 400 W e 650W, em célula de 50L.

Absorbância	Lâmpada UV	Lâmpada UV	Lâmpada UV
Tempo/min	250W	400 W	250 + 400 W
0	0,606	1,971	1,947
30	0,604	1,970	2,066
60	0,572	1,830	2,113
90	0,570	1,839	2,107
120	0,561	1,821	2,113
150	0,569	2,107	2,179
180	0,559	1,818	2,199
DQO Inicial (mgO <sub>2</sub> /L)	174,35	166,23	173,84
DQO Final (mgO <sub>2</sub> /L)	157,12	119,87	108,12
Eficiência do			
Processo (kWh)	870,57	517,68	593,42

No cálculo da eficiência de degradação fotoquímica de efluentes de alta concentração, foram utilizados os valores da DQO resultante dos experimentos utilizando diferentes potências de raios UV.

– **Lâmpada UV de 250 W.**

$$E_{EM} = \frac{0,250 \times 3 \times 1.000.000}{50 \times (174,35 - 157,12)} = 870,57 \text{ kWh}$$

$$50 \times (174,35 - 157,12)$$

Pode-se observar que neste experimento utilizando uma lâmpada de 250 W se conseguiu reduzir a DQO em 9,88% utilizando para isto 870,57 kWh.

- **Lâmpada UV de 400 W.**

$$E_{EM} = \frac{0,400 \times 3 \times 1.000.000}{50 \times (166,23 - 119,87)} = 517,68 \text{ kWh}$$

$$50 \times (166,23 - 119,87)$$

Com uma lâmpada de 400 W neste experimento reduzimos a DQO em 27,87 % utilizando 517,68 kWh.

- **Lâmpada de UV de 250 W + 400 W.**

$$E_{EM} = \frac{0,650 \times 3 \times 1.000.000}{50 \times (173,84 - 108,12)} = 593,42 \text{ kWh}$$

$$50 \times (173,84 - 108,12)$$

Neste experimento utilizando em conjunto uma lâmpada de 250 W e outra de 400 W, totalizando 650 W, reduzimos a DQO em 37,80% usando 593,42 kWh.

Avaliando os resultados apresentados, pode-se verificar que a lâmpada de 400W possui potência suficiente para o tratamento fotodegradativos dos efluentes de curtume, já que com a potência de 650 W obteve-se a mesma eficiência de tratamento. Cabe salientar que, em termos de degradação de DQO, esta se apresenta com um percentual maior, cabe então verificar a adequação da lâmpada com a quantidade de DQO permitida para o lançamento do efluente para que se

possa realizar a escolha da condição ótima de tratamento.

### 4.3 Avaliação e Comparação de Custos

Observando o processo produtivo da empresa, cujos resíduos estão sendo analisados neste trabalho, onde tem-se o cromo (principalmente sulfato de cromo), o responsável pela transformação da pele em material estável e imputrescível, e grande quantidade de matéria orgânica presente no efluente. A metodologia para o levantamento dos custos envolvidos em cada item do tratamento levou em consideração: o consumo de produtos químicos na ETE considerando a produção total do curtume, ver Quadro 2, 3, 4 e 5, os equipamentos utilizados na ETE com referência a sua potência, Quadro 6, o consumo mensal em kW com o valor em reais, Quadro 7 e o consumo de água usado na produção de m<sup>2</sup> de couro, Quadro 8,9 e 10.

Na Tabela 8 observa-se o custo e a quantidade de kW, consumida pelo curtume em estudo, nos meses de novembro, dezembro de 2008 e janeiro de 2009.

TABELA 8 - Custo da eletricidade dos equipamentos ligados em cada fase do ETE

Meses	Novembro/08		Dezembro/08		Janeiro/09	
	kW	Valor R\$	kW	Valor R\$	kW	Valor R\$
Primário	14.086,1	2.882,61	9.988,6	2.777,36	7.990,9	2.568,85
Aeróbico	8.346,2	2.396,57	5.961,6	2.476,47	4.769,2	2.476,47
Terciário	102,0	29,30	72,8	30,28	58,2	30,28
Total	22.432,3	5.308,48	16.023,1	5.284,11	12.818,5	5.075,60

Podemos observar na Tabela 9, caso a empresa for pagar pela água que consome, que não ocorre atualmente, pois se utiliza de poço, conforme Quadro 14, no mês de novembro ela deveria pagar R\$ 12.705,04, no mês de dezembro 10.768,48 e no mês de janeiro R\$ 10.031,70, com uma média mensal de R\$

11.168,40 nestes três meses.

Considerando que se a empresa realiza o pagamento da água consumida, somando com os valores dos produtos químicos usados com o tratamento empregado atualmente e com gasto energético, no mês de janeiro de 2009, obteremos uma despesa total na ETE de R\$ 22.573,80 com base nos valores das tabelas 11, 12 e 13 do ANEXO A e demonstrados na Tabela 9..

TABELA 9 – Comparação de custos entre os tratamentos.

Custos	Tratamento convencional			Tratamento alternativo
	Novembro/08 R\$	Dezembro/08 R\$	Janeiro/2009 R\$	Janeiro/2009 R\$
Água	12.705,04	10.768,48	10.031,70	Reaproveitada
Produtos Químicos	10.961,00	8.976,00	7.466,50	0
Energia Elétrica	5.308,48	5.284,11	5.075,60	23.286,26
Total	28.974,52	25.028,59	22.573,80	23.286,26

Utilizando o tratamento de fotodegradação (tratamento proposto), para tratar 50 litros de efluente durante três horas utilizando uma lâmpada de 400 W, conforme o cálculo da eficiência energética ocorrerá o consumo 517,68 kWh.

Para tratar 3.570.000 litros de efluente (consumo do mês de janeiro de 2009) consome-se o tempo de 214.200 h, este tratamento alternativo custaria para a empresa, considerando a média do custo do kW na empresa no mês de janeiro (R\$ 0,21) o valor de R\$ 23.286,28, devemos também observar que esta água pode ser reaproveitada na produção, ocorrendo seu reuso, valor este muito próximo do gasto atual, que é de R\$ 22.573,80 com o tratamento convencional.

Nestes cálculos não estão sendo mencionados o passivo ambiental devido a utilização de produtos químicos e nem devido à geração de lodo, mas este estudo quer demonstrar que com o aprimoramento de tecnologias avançadas, é possível, inclusive, vir a ter custos de tecnologias avançadas compatíveis com os atuais tratamentos convencionais.

Cabe ainda destacar que as lâmpadas utilizadas nesta degradação possuem um custo unitário em torno de R\$ 40,00, seu reator, R\$ 50,00 e o tubo de quartzo necessário para a imersão da lâmpada, R\$ 2.000,00. Mesmo com estes custos fixos esta tecnologia mostra-se viável em sua aplicação. Estudos complementares se fazem necessários para que a célula de tratamento possa ser em fluxo ao invés de ser em batelada, para otimização do tratamento, bem como o dimensionamento do número de lâmpadas necessárias para o tratamento da indústria a instalar o sistema de fotodegradação. Neste estudo, considerou-se escala de bancada até 10 Litros e volumes maiores, escala piloto, por estar mais próxima do volume e condições reais do efluente industrial.

UNIVATES

## 5 CONCLUSÕES

Os resultados obtidos nesta pesquisa demonstram a possibilidade de degradação de efluentes de curtume por fotodegradação utilizando radiação UV.

Avaliando os resultados apresentados, pode-se verificar que a lâmpada de 400 W possui potência suficiente para o tratamento fotodegradativo dos efluentes de curtume, já que com a potência de 650 W obteve-se a mesma eficiência de tratamento, indicando um limite de densidade de potência ( $W.L^{-1}$ ). Cabe salientar que, em termos de degradação de DQO, a lâmpada de 650 W apresenta-se com um percentual maior, cabe então verificar a adequação da lâmpada com a quantidade de DQO permitida para o lançamento do efluente para que se possa realizar a escolha da condição ótima de tratamento.

Em relação ao cálculo e comparação entre os dois tratamentos, alternativo e o convencional, verifica-se que, mesmo levando em consideração custos fixos e gastos energéticos, a técnica de fotodegradação via radiação UV, mostra-se viável em sua aplicação, em comparação à tradicional. Estudos complementares se fazem necessários para que a célula de tratamento possa ser em fluxo ao invés de ser em batelada, para otimização do tratamento, bem como o dimensionamento do número de lâmpadas necessárias para o tratamento da indústria a instalar o sistema de fotodegradação.

## 6 SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

1. Realizar e avaliar o tratamento de fotodegradação em efluentes de curtume em células em fluxo;
2. Avaliar possibilidades de reúso de água em curtumes;
3. Verificar possibilidades de destinação do lodo de curtume.

UNIVATES

## REFERÊNCIAS

ANDRADE, R.C.B.; SOUZA, M. F. L.; COUTO, E. C.G. Influência de Efluentes Têxteis e Alimentícios sobre o Metabolismo e Propriedades Físicas e Químicas do Rio Piauitinga (Sergipe), **Química Nova**, v. 21, p. 424 – 427, 1998.

APHA. American Public Health Association. Standart Methods for the Examination of Water and Wastewater. 21 st Ed., USA, Ed. American Public Health Association, 2005.

BAIRD, C., Química Ambiental, Segunda Edição, Editora Bookman, 2002, 622 p.

BERTAZZOLI, R.; PELEGRINI, R. Descoloração e Degradação de Poluentes Orgânicos em Soluções Aquosas através do Processo Fotoeletroquímico, **Química Nova**, v. 25, p. 477 – 482, 2002.

BOLTON, J. R. et.al. Figure-of-Merit for the Technical Development and Application of Advanced Oxidation Technologies for Both Eletric – and Solar-Driven Systems. **Pure and Applied Chemistry**, v. 73, p. 627 – 637, 2001.

CARVALHO, K. Q.; SALGADO, M. T.; PASSIG, F. H.; PIRES, E. C.; Avaliação hidrodinâmica de reator uasb submetido à variação cíclica de vazão. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v.13, n. 2, p. 226 – 235, 2008.

CRESPILHO, F. N.; REZENDE, M. O. O. Eletroflotação: Princípios e Aplicações, Brasil, 1ªEd. 2004. 77 p.

CRESPILHO, F. N.; SANTANA, C. G.; REZENDE, M. O. O. Tratamento de efluente da Industria de Coco utilizando Eletroflotação , **Química Nova**, v. 27, p. 387 – 392, 2004.

DA SILVA, C.P.; MARMITT, S.; HAETINGER, C.; STÜLP, S.; Amaranth Food Dye Photochemical and Photoelectrochemical Degradation: Experiments and

Mathematical Modelling, **WSEAS Transactions on Systems**, Issue 9, v. 7, p. 793 – 803, 2008.

DE MORAIS, J. L.; Sirtori, C.; Peralta-Zamora, P. G.; Tratamento de Chorume de Aterro Sanitário por Fotocatálise Heterogênea Integrada a Processo Biológico Convencional, **Química Nova**, v. 29, n. 1, p. 20 – 23, 2006.

DURAN, O.; TELLES, J.; LANZA, L.; Cálculo do custo das atividades de gestão ambiental: aplicação do custeio baseado em atividades numa montadora de ônibus, **Ingeniare. Revista chilena de Ingeniería**, v. 15, n. 2, p.185 – 192, 2007.

FENG, X.; ZHU, S.; HOU, H. Investigation Of 207 nm UV Radiation For Degradation Of Organic Dye In Water. **Water S. A.**, v. 32, p. 43 – 48, 2006.

NOGUEIRA, R. F. P.; JARDIM, W. F. A Fotocatálise Heterogênea e sua Aplicação ambiental. **Química Nova**, v. 21, p. 69 – 72, 1998.

OENNING JUNIOR, A.; PAWLOWSKY, U. Avaliação de tecnologias avançadas para o reuso de água em indústria metal-mecânica, **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v. 12 , n. 3, p. 305 – 316, 2007.

OENNING JUNIOR, A.; PAWLOWSKY, U.; Aplicação de tecnologias por carvão ativado e osmose reversa com a finalidade de reúso de efluente industrial, XXXI CONGRESO INTERAMERICANO AIDIS Santiago – CHILE, 2008.

PASCOAL, S. A.; de LIMA, C. A. P.; de SOUSA, J. T.; de LIMA, G. G. C.; VIEIRA, F. F. ; Aplicação de radiação UV artificial e solar no tratamento fotocatalítico de efluentes de curtume, **Química Nova**, v. 30, n. 5, p. 1082 – 1087, 2007.

PASCHOAL, F.; ZANONI, M. V. B. . Oxidação fotoeletroquímica de dispersante usado em Curtumes sobre eletrodos nanoporosos de Ti/TiO<sub>2</sub> . In: XVI Simpósio Brasileiro de Eletroquímica e Eletroanalítica, 2007, Águas de Lindóia. CD Rom XVI SIBEE, p. R0224-1-R0224-1, 2007.

PEREIRA, W. S.; FREIRE, R.S. Ferro Zero: Uma Aborgagem para o tratamento de Águas Contaminadas com Compostos Orgânicos Poluentes. **Química Nova**, v. 28, p. 130 – 136, 2005.

RIBANI, M et al. Validação em métodos cromatográficos e eletroforéticos. **Química nova**, v.27, p.771 – 780, 2004.

RODRIGUES, M. A. S.; STÜLP, S.; GONDRAN, E.; BERNARDES, A. M.; FERREIRA, J. Z. . Aplicação de foto-eleto-oxidação e eletrodialise no tratamento de efluentes de curtume. In: Congresso Brasileiro de Ciência e Tecnologia em Resíduos e Desenvolvimento Sustentável, 2004, Florianópolis – SC. Anais do Congresso Brasileiro de Ciência e Tecnologia em Resíduos e Desenvolvimento Sustentável, 2004.

RODRIGUES, M.A.S.; AMADO, F.D.R.; XAVIER, J.L.N.; STREIT, K.F.; BERNARDES, A.M.; FERREIRA, J.Z.; Application of photoelectrochemical–electrodialysis treatment for the recovery and reuse of water from tannery effluents, **Journal of Cleaner Production**, v. 16, n. 5, p. 605 – 611, 2008.

SILVA, C. P. da; MARMITT, S.; HAETINGER, C.; STULP, S. Avaliação da degradação do corante vermelho *Bordeaux* através de processo fotoquímico. **Engenharia Sanitária Ambiental**, v.13, n.1, p. 73 – 77, 2008.

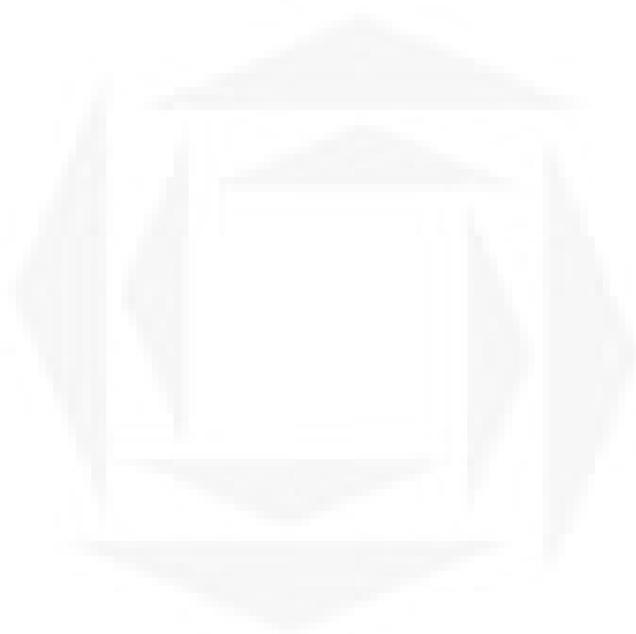
SOUZA, J. B.; DANIEL, L. A. Comparação entre Hipoclorito de Sódio e Ácido Peracético na Inativação de E. Coli, Colifagos E C. Perfringens em Água com Elevada Concentração de Matéria Orgânica. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, Rio de Janeiro, v. 10, p. 111 – 117, 2005.

SOUZA, V. R.; RIBEIRO, M. S.; Aplicação da contabilidade ambiental na indústria madeireira. **Revista Contabilidade & Finanças - USP**, São Paulo, n. 35, p. 54 - 67, maio/agosto 2004.

STÜLP, S.; SILVA, C. P. da; MARMITT, S. O uso de Técnicas Eletroquímicas no Tratamento de Efluentes de Indústria Alimentícia: Uma Ferramenta par a Gestão Ambiental. **Estudo & Debate** (Lajeado), Lajeado-RS, Vol. 12, Nº 2, p. 109 – 123, 2005.

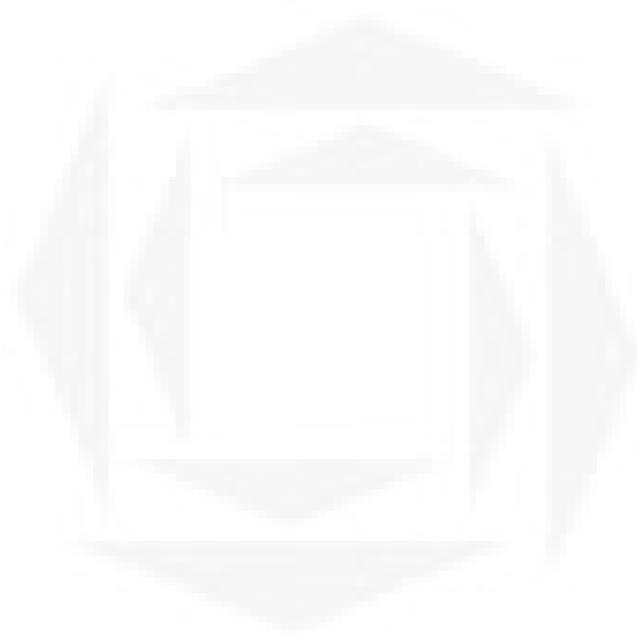
TIBURTIUS, E.R.L. et al. Degradação de BTXs via Processos Oxidativos Avançados. **Química Nova**, v. 28, p. 61 – 64, 2005.

XAVIER, J. L. N.; O uso da fotoeletroxidação no tratamento de efluente de curtume, Dissertação de Mestrado, Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Minas, Metalúrgica e de Materiais – PPGEM, Escola de Engenharia, 2006, 70 p.



UNIVATES

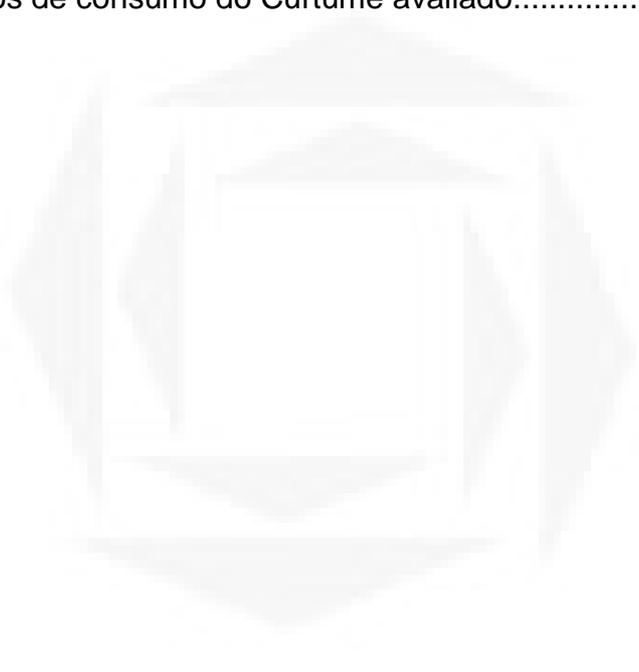
## ANEXOS



UNIVATES

## LISTA DE ANEXOS

ANEXO A – Dados de consumo do Curtume avaliado.....	53
---	----



UNIVATES

**ANEXO A – Dados de consumo do Curtume avaliado**

## QUADRO 2 – Consumo de Produtos Químicos utilizados na ETE

MÊS: OUTUBRO 2008

PRODUÇÃO TOTAL: 59.878,64m<sup>2</sup>kg DE PRODUTO QUÍMICO/m<sup>2</sup> DE COURO: 3,78 kg

PRODUTO QUÍMICO	CONSUMO (kg)	VALOR (R\$)	VALOR (R\$) UNITÁRIO
CAL	4.450	1.993,60	0,45
POLÍMERO ANIÔNICO	100	1.046,80	10,47
POLÍMERO CATIÔNICO	50	570,65	11,60
PAC	4.950	5.152,95	1,04
ANTI-ESPUMANTE	150	594,60	3,97
FÓSFORO	150	177,60	1,18
CLORETO FÉRRICO	275	367,12	1,33
REMOVEDOR DE COR	800	2.852,86	3,57
CARBONATO DE SÓDIO	50	62,56	1,25

Total em kg de produtos químicos: 15.844 kg

Total em valor: R\$ 12.818,74

## QUADRO 3 – Consumo de Produtos Químicos utilizados na ETE

MÊS: NOVEMBRO 2008

PRODUÇÃO TOTAL: 50.556,09 m<sup>2</sup>kg de produto químico/m<sup>2</sup> de couro: 4,21 Kg

PRODUTO QUÍMICO	CONSUMO (kg)	VALOR (R\$)	VALOR (\$) UNITÁRIO
CAL	5.400	2.430,00	0,45
POLÍMERO ANIÔNICO	75	712,50	9,50
POLÍMERO CATIÔNICO	75	787,50	10,50
PAC	5.800	5.742,00	0,99
ANTI-ESPUMANTE	180	684,00	3,80
FÓSFORO	180	198,00	1,10
CLORETO FÉRRICO	200	270,00	1,35
REMOVEDOR DE COR	-	-	
CARBONATO DE SÓDIO	100	137,00	1,37

Total em kg de produtos químicos: 12.010 kg

Total em valor: R\$ 10.961,00

QUADRO 4 – Consumo de Produtos Químicos utilizados na ETE

MÊS: DEZEMBRO 2008

Produção total: 38.684,17 m<sup>2</sup>

kg de produto químico/m<sup>2</sup> de couro: 3,98 kg

PRODUTO QUÍMICO	CONSUMO (kg)	VALOR (R\$)	VALOR (\$) UNITÁRIO
CAL	3.900	1.755,00	0,45
POLÍMERO ANIÔNICO	50	475,00	9,50
POLÍMERO CATIÔNICO	75	787,50	10,50
PAC	5.350	5.296,50	0,99
ANTI-ESPUMANTE	80	304,00	3,80
FÓSFORO	80	88,00	1,10
CLORETO FÉRRICO	200	270,00	1,35
REMOVEDOR DE COR	-	-	-
CARBONATO DE SÓDIO	-	-	-

Total em kg de produtos químicos: 9.735kg

Total em valor: R\$: 8.976,00

## QUADRO 5 – Consumo de Produtos Químicos Utilizados na ETE

MÊS: JANEIRO 2009

Produção total: 34.011,82 m<sup>2</sup>kg de produto químico/m<sup>2</sup> de couro: 4,03 kg

PRODUTO QUÍMICO	CONSUMO (kg)	VALOR (R\$)	VALOR (\$) UNITÁRIO
CAL	3.500	1.575,00	0,45
POLÍMERO ANIÔNICO	55	522,50	9,50
POLÍMERO CATIÔNICO	40	420,00	10,50
PAC	4.650	4.603,50	0,99
ANTI-ESPUMANTE	50	190,00	3,80
FÓSFORO	80	88,00	1,10
CLORETO FÉRRICO	50	67,50	1,35
REMOVEDOR DE COR	-	-	-
CARBONATO DE SÓDIO	-	-	-

Total em kg de produtos químicos: 8.425 kg

Total em valor: R\$: 7.466,50

QUADRO 6 – Equipamentos utilizados na ETE com suas respectivas potências e consumo de energia elétrica.

AGITADOR DO CAL	1CV = 736kW
AGITADOR POLÍMERO ANIÔNICO	0,75CV = 552kW
BOMBA HELICOIDAL RECICLO LODO	5CV = 3.680kW
SOPRADOR TANQUE AERAÇÃO	12,5CV = 9.200kW
SOPRADOR TANQUE AERAÇÃO	12,5CV = 9.200kW
BOMBA MONOBLOCO(HOM. PRIMÁRIO)	5CV = 3.680kW
BOMBA MONOBLOCO (LAGOA/TANQUE AERAÇÃO)	2CV = 1.472kW
PENEIRA ROTATIVA	1,5CV = 1.104kW
MISTURADORES	10CV = 7.360kw
MISTURADORES	10CV = 7.360kw
PONTE RASPADORA	0,33CV = 242,88kW
CENTRÍFUGA	10CV = 7.360kW
MOTOBOMBA HELICOIDAL CENTRÍFUGA	0,75CV = 552KW
BOMBA DIAFRAGMA CAL	0,33CV = 242,88kW
MOTOBOMBA HELICOIDAL POLÍMERO ANIÔNICO	0,33CV = 242,88kW
MOTOBOMBA HELICOIDAL COAGULANTE	0,33CV = 242,88kW
MOTOBOMBA HELICOIDAL POLÍMERO CATIÔNICO	0,33CV = 242,88kW

QUADRO 7 - Valores gastos por equipamento pelos dias trabalhados

Equipamentos	Novembro/ 20 dias 21 h de ETE ligada	Dezembro / 15 dias 20 h de ETE ligada	Janeiro / 20 dias 12 h de ETE ligada
Agitador de cal	53,44	38,65	22,97
Agitador polímero	40,09	28,99	17,22
Bomba reciclo lodo	443,82	458,61	458,61
Sopradores Tanques aeração	2.219,04	2.293,02	2.293,02
Bomba tanque Homogeneização	267,19	193,21	114,82
Bomba Lagoa p/ tanque De aeração	177,53	183,45	183,45
Peneira	80,16	57,97	34,45
Misturadores tanque Homogeneização	1.775,26	1.834,42	1.834,42
Centrifuga	153,09	114,82	57,41
Bomba diafragma cal	17,67	8,62	7,58
Motobomba helicoidal Polímero	17,67	12,76	7,58
Motobomba helicoidal Coagulante	17,67	12,76	7,58
Motobomba helicoidal Polímero centrifuga	5,06	3,79	1,90
Ponte Raspadora	29,30	30,28	30,28
<b>Total R\$</b>	<b>5.308,48</b>	<b>5.284,11</b>	<b>5.075,60</b>

Custo para a empresa o kW no ponto R\$ 0,43

Fora do ponto R\$ 0,12

Média da Empresa R\$ 0,21

Consumo do mês de janeiro de 2009 -150.480 kW

Valor total pago R\$ 31.930,00

#### QUADRO 8 – Volume de Efluente Tratado para obter a produção – Nov/08

EFLUENTE TRATADO/m<sup>2</sup> DE COURO

PRODUÇÃO FINAL – NOVENBRO DE 2008

Dia	Efluente tratado(m <sup>3</sup> )	Produção Total	Litros/m <sup>2</sup> couro
1/11/2008	Sábado		
2/11/2008	Domingo		
3/11/2008	251,24	2.265,20	110,92
4/11/2008	176,45	2.579,09	68,42
5/11/2008	197,66	3.352,90	58,96
6/11/2008	283,59	1.733,67	163,58
7/11/2008	295,24	4.049,63	72,91
8/11/2008	Sábado		
9/11/2008	Domingo		
10/11/2008	239,58	2.362,00	101,44
11/11/2008	221,94	2.794,30	79,43
12/11/2008	245,20	2.606,96	94,06
13/11/2008	257,42	2.538,51	101,41
14/11/2008	482,65	1.186,87	406,66
15/11/2008	Sábado		
16/11/2008	Domingo		
17/11/2008	214,58	1.798,87	119,29
18/11/2008	284,27	198,96	1428,78
19/11/2008	271,25	1.845,80	146,96
20/11/2008	275,70	6.083,00	45,33

21/11/2008		249,12	2.753,18	90,49
22/11/2008	Sábado			
23/11/2008	Domingo			
24/11/2008		247,72	1.645,05	150,59
25/11/2008		270,38	4.081,92	66,24
26/11/2008		255,67	3.630,69	70,42
27/11/2008		255,67	966,32	264,59
28/11/2008		296,41	2.083,17	142,29
29/11/2008	Sábado			
30/11/2008	Domingo			
31/11/2008				
MÉDIA		263,59	2.527,81	189,60

UNIVATES

## QUADRO 9 – Volume de Efluente Tratado para obter a produção – DEZ/08

EFLUENTE TRATADO/m<sup>2</sup> DE COURO

PRODUÇÃO FINAL – Dezembro de 2008

Dia	Efluente tratado(m <sup>3</sup> )	Produção Total	Litros/m <sup>2</sup> couro
1/12/2008	174,16	1.377,06	126,48
2/12/2008	302,09	2.566,02	117,73
3/12/2008	274,53	937,29	292,90
4/12/2008	309,85	1.797,36	172,40
5/12/2008	385,20	2.415,11	159,50
6/12/2008	Sábado		
7/12/2008	Domingo		
8/12/2008	222,78	3.143,27	70,88
9/12/2008	237,24	2.101,07	112,92
10/12/2008	182,51	2.437,93	74,87
11/12/2008	215,98	3.128,52	69,04
12/12/2008	279,06	2.225,14	125,42
15/12/2008	126,38	3.486,53	36,25
16/12/2008	264,87	3.473,65	76,26
17/12/2008	222,69	2.569,00	86,69
18/12/2008	257,42	3.352,35	76,79
19/12/2008	377,40	3.352,35	112,58
MÉDIA	255,48	2.557,51	114,05

QUADRO 10 – Volume de Efluente Tratado para obter a produção – JAN/09 EFLUENTE TRATADO/m<sup>2</sup> DE COURO – Produção Final

Dia	Efluente tratado(m <sup>3</sup> )	Produção Total	Litros/m <sup>2</sup> couro
5/1/2009	123,40	465,91	264,86
6/1/2009	136,32	2.252,87	60,51
7/1/2009	142,58	1.050,75	135,70
8/1/2009	253,03	2.365,41	106,98
9/1/2009	221,94	2.027,03	109,50
10/1/2009	Sábado		
11/1/2009	Domingo		
12/1/2009	197,45	1.713,84	115,21
13/1/2009	143,28	2.973,06	48,20
14/1/2009	172,13	572,00	300,93
15/1/2009	135,63	2.193,15	61,85
16/1/2009	230,05	856,40	268,63
17/1/2009	Sábado		
18/1/2009	Domingo		
19/1/2009	180,80	3.681,80	49,11
20/1/2009	185,73	928,08	200,13
21/1/2009	182,68	212,75	858,67
22/1/2009	153,37	2.246,20	68,28
23/1/2009	168,38	2.444,79	68,88
24/1/2009	Sábado		
25/1/2009	Domingo		
26/1/2009	181,51	659,25	275,33
27/1/2009	176,05	1.759,32	100,07
28/1/2009	179,16	789,86	226,83
29/1/2009	180,10	3.700,27	48,68
30/1/2009	226,30	1.119,29	202,19
MÉDIA	178,50	1.700,61	178,53

QUADRO 11 – Energia consumida em kW em relação as horas trabalhadas no ETE no mês de novembro de 2008. 20 dias trabalhados com a ETE funcionando 21 horas por dia.

		kW	horas	kW/h
AGITADOR DO CAL	1CV = 736kW	0,74	420	309,12
AGITADOR POLÍMERO ANIÔNICO	0,75CV = 552kW	0,52	420	219,24
BOMBA HELICOIDAL RECICLO LODO	5CV = 3.680kW	3,68	420	1545,60
SOPRADOR TANQUE AERAÇÃO	12,5CV = 9.200kW	9,20	420	3864,00
SOPRADOR TANQUE AERAÇÃO	12,5CV = 9.200kW	9,20	420	3864,00
BOMBA MONOBLOCO(HOM. PRIMÁRIO)	5CV = 3.680kW	3,68	420	1545,60
BOMBA MONOBLOCO (LAGOA/TANQUE AERAÇÃO)	2CV = 1.472kW	1,47	420	618,24
PENEIRA ROTATIVA	1,5CV = 1.104kW	1,10	420	463,68
MISTURADORES	10CV = 7.360kW	7,36	420	3091,20
MISTURADORES	10CV = 7.360kW	7,36	420	3091,20
PONTE RASPADORA	0,33CV = 242,88kW	0,24	420	102,01
CENTRÍFUGA	10CV = 7.360kW	7,36	420	3091,20
MOTOBOMBA HELICOIDAL CENTRÍFUGA	0,75CV = 552kW	0,52	420	219,24
BOMBA DIAFRAGMA CAL	0,33CV = 242,88kW	0,24	420	102,01
MOTOBOMBA HELICOIDAL POLÍMERO ANIÔNICO	0,33CV = 242,88kW	0,24	420	102,01
MOTOBOMBA HELICOIDAL COAGULANTE	0,33CV = 242,88kW	0,24	420	102,01
MOTOBOMBA HELICOIDAL POLÍMERO CATIÔNICO	0,33CV = 242,88kW	0,24	420	102,01
		53,41		22432,37

QUADRO 12 - Energia consumida em kW em relação a Horas trabalhadas no ETE no mês de Dezembro 2008. Em 15 dias trabalhados com a ETE funcionando 20 horas por dia.

		kW	Horas	kW/h
AGITADOR DO CAL	1CV = 736kW	0,74	300	220,80
AGITADOR POLÍMERO ANIÔNICO	0,75CV = 552kW	0,52	300	156,60
BOMBA HELICOIDAL RECICLO LODO	5CV = 3.680kW	3,68	300	1104,00
SOPRADOR TANQUE AERAÇÃO	12,5CV = 9.200kW	9,20	300	2760,00
SOPRADOR TANQUE AERAÇÃO	12,5CV = 9.200kW	9,20	300	2760,00
BOMBA MONOBLOCO(HOM. PRIMÁRIO)	5CV = 3.680kW	3,68	300	1104,00
BOMBA MONOBLOCO (LAGOA/TANQUE AERAÇÃO)	2CV = 1.472kW	1,47	300	441,60
PENEIRA ROTATIVA	1,5CV = 1.104kW	1,10	300	331,20
MISTURADORES	10CV = 7.360kW	7,36	300	2208,00
MISTURADORES	10CV = 7.360kW	7,36	300	2208,00
PONTE RASPADORA	0,33CV = 242,88kW	0,24	300	72,86
CENTRÍFUGA	10CV = 7.360kW	7,36	300	2208,00
MOTOBOMBA HELICOIDAL CENTRÍFUGA	0,75CV = 552kW	0,52	300	156,60
BOMBA DIAFRAGMA CAL	0,33CV = 242,88kW	0,24	300	72,86
MOTOBOMBA HELICOIDAL POLÍMERO ANIÔNICO	0,33CV = 242,88kW	0,24	300	72,86
MOTOBOMBA HELICOIDAL COAGULANTE	0,33CV = 242,88kW	0,24	300	72,86
MOTOBOMBA HELICOIDAL POLÍMERO CATIÔNICO	0,33CV = 242,88kW	0,24	300	72,86
		53,41		16023,12

QUADRO 13 - Energia consumida em kW em relação a Horas trabalhadas no ETE no mês de Janeiro 2009. Em 20 dias trabalhados com a ETE funcionando 12 horas.

MEXEDOR DO CAL	1CV = 736kW	0,74	240	176,64
MEXEDOR POLÍMERO ANIÔNICO	0,75CV = 552kW	0,52	240	125,28
BOMBA HELICOIDAL RECICLO LODO	5CV = 3.680kW	3,68	240	883,20
SOPRADOR TANQUE AERAÇÃO	12,5CV = 9.200kW	9,20	240	2208,00
SOPRADOR TANQUE AERAÇÃO	12,5CV = 9.200kW	9,20	240	2208,00
BOMBA MONOBLOCO(HOM. PRIMÁRIO)	5CV = 3.680kW	3,68	240	883,20
BOMBA MONOBLOCO (LAGOA/TANQUE AERAÇÃO)	2CV = 1.472kW	1,47	240	353,28
PENEIRA ROTATIVA	1,5CV = 1.104kW	1,10	240	264,96
MISTURADORES	10CV = 7.360kW	7,36	240	1766,40
MISTURADORES	10CV = 7.360kW	7,36	240	1766,40
PONTE RASPADORA	0,33CV = 242,88kW	0,24	240	58,29
CENTRÍFUGA	10CV = 7.360kW	7,36	240	1766,40
MOTOBOMBA HELICOIDAL CENTRÍFUGA	0,75CV = 552kW	0,52	240	125,28
BOMBA DIAFRAGMA CAL	0,33CV = 242,88kW	0,24	240	58,29
MOTOBOMBA HELICOIDAL POLÍMERO ANIÔNICO	0,33CV = 242,88kW	0,24	240	58,29
MOTOBOMBA HELICOIDAL COAGULANTE	0,33CV = 242,88kW	0,24	240	58,29
MOTOBOMBA HELICOIDAL POLÍMERO CATIÔNICO	0,33CV = 242,88kW	0,24	240	58,29
		53,41		12818,50

QUADRO 14 – Valores usados pela Corsan no estado do Rio Grande do Sul para definir o valor da tarifa de indústria.

TARIFA	CATEGORIA	FAIXA DE CONSUMO	VALOR DO m <sup>3</sup>
<b>EMPRESARIAL</b>	<b>INDUSTRIAL</b>	Até 1.000 m <sup>3</sup>	R\$ 3,83
		entre 1.001 e 2.000 m <sup>3</sup>	R\$ 3,18
		entre 2.001 e 5.000 m <sup>3</sup>	R\$ 2,81
		entre 5.001 e 10.000 m <sup>3</sup>	R\$ 2,41
		entre 10.001 e 20.000 m <sup>3</sup>	R\$ 2,04
		acima de 20.001 m <sup>3</sup>	R\$ 1,66

Fonte Corsan

UNIVATES