



**SUELEM APARECIDA GIANINI PEREIRA**

**INFLUÊNCIA DA VARIAÇÃO DE  $\text{FeSO}_4$  NO TEMPO DE DECANTAÇÃO DOS  
SÓLIDOS SEDIMENTÁVEIS DE RESÍDUO LÍQUIDO DE LATICÍNIO NOS  
PROCESSOS FENTON E FOTO FENTON SOLAR.**

**INCONFIDENTES –MG  
2015**

**SUELEM APARECIDA GIANINI PEREIRA**

**INFLUÊNCIA DA VARIAÇÃO DE  $\text{FeSO}_4$  NO TEMPO DE DECANTAÇÃO DOS  
SÓLIDOS SEDIMENTÁVEIS DE RESÍDUO LÍQUIDO DE LATICÍNIO NOS  
PROCESSOS FENTON E FOTO FENTON SOLAR.**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado como pré-requisito de conclusão do curso de Graduação Tecnológica em Gestão Ambiental no Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Sul de Minas Gerais – Câmpus Inconfidentes, para obtenção do título de Tecnólogo em Gestão Ambiental.

Orientador: Msc.Taciano Benedito Fernandes

**INCONFIDENTES – MG  
2015**

**SUELEM APARECIDA GIANINI PEREIRA**

**INFLUÊNCIA DA VARIAÇÃO DE  $\text{FeSO}_4$  NO TEMPO DE DECANTAÇÃO DOS  
SÓLIDOS SEDIMENTÁVEIS DE RESÍDUO LÍQUIDO DE LATICÍNIO NOS  
PROCESSOS FENTON E FOTO FENTON SOLAR.**

**Data de aprovação: \_\_\_\_\_ de \_\_\_\_\_ de 2015.**

---

**Orientador: MSc. Taciano Benedito Fernandes  
IFSULDEMINAS – Câmpus Inconfidentes**

---

**Co-orientador: MSc. Eduardo de Oliveira Rodrigues  
IFSULDEMINAS – Câmpus Inconfidentes**

---

**Membro 2: Prof<sup>a</sup>. D.ra. Ana Cristina F. M. da Silva  
IFSULDEMINAS – Câmpus Inconfidentes**

## DEDICATÓRIA

*Dedico este trabalho a pessoa mais importante da minha vida Ivone Gianini. Por ter me educado e fazer tudo por mim. Não mediu esforço para que eu continuasse o curso.*

## AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus, primeiramente, pela vida e por ter me permitido chegar até aqui.

A minha mãe Ivone Gianini, minha melhor amiga, minha vida, que sempre me acompanhou, apoiou e incentivou.

Ao meu namorado Nelson Gustavo, meu amigo, por estar sempre ao meu lado, me ajudando e apoiando sempre.

A minha família que nasceu aqui, meus queridos amigos.

As Três melhores pessoas que conheci nesse lugar e que com certeza vou levar comigo para o resto da vida. A Juliana Meissner e Marilac Moutinho por me proporcionaram os melhores momentos e a Dora Dalló por ter sido uma segunda mãe pra mim.

Ao meus queridos amigos , Amanda Carvalho e Ronaldo Costa .

A minha amiga Tamara Rodrigues e sua mãe Viviane Rodrigues, devo a elas por esta aqui .

A todos os professores do curso Tecnologia em Gestão Ambiental, que foram importantes para o ensino do curso.

A profa. Ana Cristina F. M. da Silva pelo aceite do convite em participar da banca de defesa .

Ao meu co-orientador Eduardo de Oliveira Rodrigues, por aceitar ser o meu co-orientador.

Ao meu orientador, Taciano Benedito Fernandes, que me ajudou muito no desenvolvimento e conclusão dessa monografia, sempre paciente comigo, compartilhando sua experiência e domínio do assunto para a elaboração do trabalho. Muito obrigada por tudo.

## RESUMO

Os laticínios, no Brasil, podem ser considerados um dos empreendimentos mais poluentes, devido à alta carga de poluentes e por possuir diferentes concentrações e substâncias em seus resíduos líquido como detergentes, lubrificantes, graxas e nutrientes que se lançados diretamente no corpo d'água sem os devidos tratamentos ocasionam graves problemas ambientais. Um dos problemas mais grave está relacionado à turbidez que se encontra ligada à quantidade de sólidos suspensos e sedimentáveis presentes nos resíduos líquidos oriundos do processamento de leite de derivados lácteos. O tratamento de resíduos líquidos é uma das mais importantes questões ambientais a ser considerada nesta atividade para adequar os resíduos aos padrões de lançamento estabelecidos pela legislação em vigor. O presente trabalho teve como objetivo avaliar a influência da variação de  $\text{FeSO}_4$  na sedimentação de sólidos sedimentáveis de resíduos líquidos de laticínios pelos processos fenton e foto-fenton solar como alternativa para o tratamento de resíduos líquidos desta atividade. Foram utilizados dois processos oxidativos avançados fenton e foto-fenton solar com três concentrações de  $\text{FeSO}_4$ , 1,349 g, 1,013 g e 0,675 g e manteve-se fixa a quantidade de  $\text{H}_2\text{O}_2$ , 1 ml, aplicados em, aproximadamente, 1000 ml do resíduo líquido do laticínio do IFSULDEMINAS – Câmpus Inconfidentes. O intervalo de tempo avaliado foi de uma hora com verificação de sedimentação a cada 15 minutos em cone Imhoff. Os resultados alcançados foram satisfatórios apenas na maior concentração, 1,349 g de  $\text{FeSO}_4$  ao passo que nas concentrações de 1,013 g e 0,675 não foram observadas alterações na sedimentação de sólidos. Os resultados obtidos com a maior concentração nos processos fenton e foto-fenton solar constituem uma alternativa no tratamento de resíduos líquidos de laticínios.

**Palavras-chave:** Processos Oxidativos Avançados. Águas residuárias. Tratamento de resíduos líquidos.

## **ABSTRACT**

Dairy products in Brazil can be considered one of the most polluting enterprises due to high pollutant load by having different concentrations and substances in their liquid waste such as detergents, lubricants, greases and nutrients that are released directly into the water body without due treatments cause serious environmental problems. One of the aggravating problems is related to the turbidity which is linked to the amount of suspended and settleable solids present in the liquid waste from the processing of milk and milk derivatives production. The treatment of liquid waste is one of the most important environmental issues to be considered in this activity to tailor the waste discharge standards set out in legislation. This study aimed to evaluate the influence of FeSO<sub>4</sub> variation in sedimentation sedimented solids applied in liquid dairy waste to use the process Fenton and photo-Fenton solar as an alternative for the treatment of liquid waste of this activity. They used two advanced oxidation processes Fenton and Photo-Fenton sunlight with three concentrations of FeSO<sub>4</sub>, 1.349 g, 1.013 g and 0.675 g remained fixed amount of H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>, 1 ml, applied in approximately 1000 ml of the liquid residue from dairy from IFSULDEMINAS - Campus Inconfidentes. The estimated time interval was one hour with sedimentation checking every 15 minutes Imhoff cone. The satisfactory results were achieved only at the highest concentration, 1.349 g of FeSO<sub>4</sub> whereas at concentrations of 1.013 g and 0.675 no changes were observed in the sedimentation of solids. The results obtained with the highest concentration in Fenton and solar photo-Fenton constitute an alternative for the treatment of liquid dairy waste.

**Keywords:** Advanced Oxidation Processes. Wastewater. Treatment of liquid waste.

## SUMÁRIO

<b>LISTA DE ILUSTRAÇÕES.....</b>	<b>ix</b>
<b>LISTA DE TABELAS.....</b>	<b>x</b>
<b>LISTAS DE ABREVIACÕES.....</b>	<b>x</b>
<b>1. INTRODUÇÃO .....</b>	<b>1</b>
<b>2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....</b>	<b>3</b>
2.1. Laticínio .....	3
2.2. Resíduos gerados em laticínios .....	3
2.4. Processos oxidativos avançado .....	7
2.4.1. Processo Foto-Fenton Solar.....	10
2.4.2. Processo Fenton.....	13
2.4.3. Deliberação Normativa Conjunta COPAM/CERH-MG nº 01,05/05/2008.....	13
<b>3. MATERIAL E MÉTODOS.....</b>	<b>10</b>
3.1. Local de coleta de resíduos líquidos.....	12
3.2. Processo Fenton .....	12
3.3. Processo Foto-Fenton Solar .....	14
3.4. Procedimentos de controle .....	15
3.5. Coletas amostrais .....	16
3.6. Parâmetro analisado .....	17
<b>4. RESULTADOS E DISCUSSÕES .....</b>	<b>18</b>
4.1. Processo Fenton .....	18
4.2. Processo Foto-Fenton Solar .....	20
4.3. Tratamento Estatístico .....	22
<b>5. CONCLUSÃO .....</b>	<b>26</b>
<b>6. REFERENCIAL BIBLIOGRÁFICO.....</b>	<b>27</b>



## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

<b>Figura 1:</b> Laticínio da fazenda IFSULDEMINAS-Câmpus Inconfidentes-MG. Fonte: elaboração própria. ....	5
<b>Figura 2a:</b> Plataforma de recepção/expedição. IFSULDEMINAS – Câmpus Inconfidentes. Fonte: elaboração própria. ....	6
<b>Figura 2b:</b> Plataforma de recepção/ expedição. IFSULDEMINAS – Câmpus Inconfidentes. Fonte: elaboração própria. ....	6
<b>Figura 3a:</b> Sala de processamento de leite. IFSULDEMINAS – Câmpus Inconfidentes. Fonte: elaboração própria. ....	6
<b>Figura 3b:</b> Sala de processamento de leite. Canalização de resíduos líquidos. IFSULDEMINAS – Câmpus Inconfidentes. Fonte: elaboração própria. ....	6
<b>Figura 4:</b> Canalização dos resíduos líquidos. IFSULDEMINAS – Câmpus Inconfidentes. Fonte: elaboração própria. ....	7
<b>Figura 5:</b> Sistema de Tratamento de Resíduos Líquidos de laticínios. IFSULDEMINAS – Câmpus Inconfidentes. Fonte: elaboração própria. ....	7
<b>Figura 9:</b> Processo Fenton – C1. Resíduo adicionado das substâncias oxidantes no cone Imhoff. Fonte: elaboração própria. ....	13
<b>Figura 10:</b> Processo Fenton – C1. Resíduo adicionado das substâncias oxidantes no cone Imhoff dentro da estufa. Fonte: elaboração própria. ....	13
<b>Figura 11a:</b> Processo FFS – F1. Preparo no laboratório de microbiologia. Fonte: elaboração própria. ....	14
<b>Figura 11b:</b> Processo FFS – F1. Preparado e encaminhado ao patio do laboratório de microbiologia. Fonte: elaboração própria. ....	14
<b>Figura 12:</b> Testes de controle de interferência com as concentrações C1, C2 e C4. Fonte: elaboração própria. ....	16
<b>Figura 13:</b> Caixa de gordura laticinio do IFSULDEMINAS – Câmpus inconfidentes. Fonte: elaboração própria. ....	17
<b>Figura 14:</b> Relação entre o tempo de sedimentação e quantidade de sólidos sedimentáveis. Fonte: elaboração própria. ....	18
<b>Figura 15:</b> Processo fenton a cada 15 minutos de observação. Fonte: elaboração própria... <b>Erro! Indicador não definido.</b>	
<b>Figura 16:</b> Processo Fenton a cada 15 minutos de observação. Concentrações 2 e 3. Fonte: elaboração própria. ....	20
<b>Figura 17:</b> Processo Fenton CT2. Fonte: elaboração própria. ....	20
<b>Figura 18:</b> Processo Foto-Fenton Solar a cada 15 minutos de observação. Fonte: elaboração própria. ....	21
<b>Figura 19:</b> Processo Foto-Fenton Solar a cada 15 minutos de observação. Fonte: elaboração própria. ....	22
<b>Figura 20:</b> Processo Foto-Fenton Solar a cada 15 minutos de observação. Concentrações 2 e 3. Fonte: elaboração própria. ....	22
<b>Figura 21:</b> Processo Foto-Fenton Solar CT2. Fonte: elaboração própria. ....	23
<b>Figura 22:</b> Processo Foto-Fenton Solar a cada 15 minutos de observação. Concentrações 2 e 3. Fonte: elaboração própria. ....	24

## LISTA DE TABELAS

<b>Tabela 01:</b> Quantidade de resíduo líquido coletado de acordo com cada processo oxidativo avançado executado e testes de controle.....	16
<b>Tabela 02:</b> Parâmetro analisado e seu respectivo método analítico.....	17
<b>Tabela 03:</b> Análise de variância fator único, processos Fenton e Foto-Fenton Solar.....	24
<b>Tabela 04:</b> Análise de variância fator único, processos Fenton e Foto-Fenton Solar.....	24
<b>Tabela 05:</b> Teste-F: duas amostras para variâncias, processos Fenton e Foto-Fenton Solar.....	25

## LISTAS DE ABREVIACOES E SÍMBOLOS

- **•OH** – Radical Hidroxila
- **CERH** – Conselho Estadual de Recursos Hídricos
- **CETESB** – Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental do Estado de São Paulo
- **CO<sub>2</sub>** – Dióxido de Carbono
- **F** – Fenton
- **FeSO<sub>4</sub>** – Sulfato de Ferro
- **FFS** – Foto-Fenton Solar
- **H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>** – Peróxido de Hidrogênio
- **pH** – Potencial Hidrogeniônico
- **POA** – Processos Oxidativos Avançados
- **UNT** – Unidade Nefelométrica de Turbidez
- **UV** – Radiação Ultravioleta
- **ML** –
- **ML/L** –
- **L** – litro de leite
- **L** – liquido tratado
- **S** – Sólidos sedimentáveis.
- **Tempo** –
- **H** – hora
- **C1** – Concentração 1
- **C2** – Concentração 2
- **C3** – Concentração 3
- **CT1** – Teste de Controle 1
- **CT2** – Teste de Controle 2
- **CT3** – Teste de Controle 3
- **CT4** – Teste de Controle 4

## **1. INTRODUÇÃO**

Segundo Campos et al. (2004), o estado de Minas Gerais é considerado o maior produtor de leite do Brasil, estima-se que, por ano, produza mais de 5 bilhões de litros de leite que é equivalente 30% de toda a produção nacional, por este motivo o estado tem grande importância no setor alimentício no que diz respeito à área de produção de leite de seu grande número de laticínios.

Devido ao grande volume de água necessário na produção de produtos lácteos, as indústrias de laticínios se enquadram como uns dos empreendimentos que mais geram resíduos líquidos. Estima-se que são gerados cerca de cinco litros de resíduo líquido para cada dois litros de leite beneficiado (BEGNINI, RIBEIRO, 2014).

Segundo Machado, Silva e Freire (2001), os laticínios, em geral, utilizam grande quantidade de água no seu processo industrial. A água é usada em vários processos tais como, lavagem dos maquinários, latões onde o leite é armazenado até chegar ao laticínio, tubulações, pisos e sistema de resfriamento e nos geradores de vapor, o que provoca um grande aumento no volume do resíduo gerado, o que se distingue como sendo água contaminada. Estes quando lançados sem nenhum tipo de tratamento no corpo d'água causa alteração na sua qualidade, essas alterações vão apresentar elevadas cargas de demanda bioquímica de oxigênio e demanda química de oxigênio devido às grandes quantidades de lipídios, carboidratos e proteínas, alta carga de material orgânico. O lançamento desse resíduo sem tratamento no corpo d'água faz com que a concentração de oxigênio dissolvido tenha uma maior redução colocando em risco todo o ecossistema aquático (BEGNINI; RIBEIRO, 2014).

Com objetivo de propor alternativas de tratamento para uma das principais fontes de poluição ambiental que são os laticínios, fazendo tratamento de seus resíduos de maneira a adequar aos padrões de qualidade necessários ao lançamento em corpo d'água, definido pela legislação vigente.

Uma dessas alternativas de tratamento que vem se mostrando uma tecnologia promissora é o emprego dos Processos Oxidativos Avançados, POA's, os quais se caracterizam pela utilização de substâncias com alto poder oxidativo, peróxido de hidrogênio e sulfato de ferro dentre outros, capazes de degradarem a maioria dos compostos orgânicos. Desta maneira, este trabalho avaliou a aplicabilidade do POA pelos processos Fenton e Foto-Fenton Solar em escala laboratorial, no tempo de decantação e a influência da variação de  $\text{FeSO}_4$  nos sólidos sedimentáveis como alternativa de tratamento de resíduos líquidos de laticínio.

## **2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA**

### **2.1. Laticínio**

O setor de laticínio, no Brasil, é o empreendimento mais significativo em termos de indústria alimentícia, esse segmento é amplo e diversificado, com diferentes portes. Os laticínios são bem expressivos tanto em questão de economia quanto pela parte social na geração de empregos, podendo assim garantir renda para boa parte da população (SARAIVA , 2008).

Segundo Nogueira, Peres e Carvalho (2011), o setor de laticínios vem ganhando grande destaque na economia mineira, essas empresas se enquadram em pequeno, médio e grande porte, sendo que a empresa de pequeno porte tem uma capacidade de produção menor ou igual a 10 mil litros de leite por dia, podendo representar 49% dos empreendimentos, os laticínios de médio porte tem capacidade de produção de 10 mil litros/dia a 50 mil litros/dia, representando 28% dos empreendimentos, e os de grande porte com uma capacidade de 50 mil litros/dias a 200 mil litros/dia, representam 23% dos empreendimentos.

Os laticínios geram alguns tipos de resíduos oriundos tanto dos processos de fabricação dos seus produtos bem como da lavagem dos maquinários e empreendimento.

### **2.2. Resíduos gerados em laticínios**

Segundo Azevedo (2011), os resíduos de laticínios variam muito, devido à variedade de produtos fabricados e do período do dia. O leite *in natura* para consumo passa por diversas etapas no seu processamento, gerando assim resíduos líquidos, devido à lavagem e desinfecção dos equipamentos (tanques, centrífugas, pasteurizadores, tubulações), às perdas de leite nos latões e nas enchedoras. Estima-se que são gerados cinco litros de resíduo para cada dois litros de leite beneficiado.

Além de encontrar alta quantidade de leite diluído, materiais sólidos flutuantes e lipídios também são encontrados detergentes, lubrificantes, desinfetantes e esgoto doméstico nos resíduos líquidos de laticínios. Em muitos laticínios o soro da fabricação do queijo é descartado

junto aos outros resíduos, o que torna o problema ainda maior, pois o soro polui cem vezes mais que o esgoto doméstico (OLIVEIRA; YAMASHITA; MENEGUETTI, 2013).

Os laticínios de pequeno porte são caracterizado pelo alto consumo de água, em média um laticínio de pequeno porte gasta por dia 30.000 litros de água, são utilizados tanto no processamento dos produtos como na limpeza dos tanques, dos caminhões, maquinários, entre outros (NOGUEIRA, PERES E CARVALHO, 2011).

Devido o grande consumo de água tanto no processamento de produtos lácteos quanto no processo de limpeza do empreendimento, acabam gerando grande vazão de resíduo, contendo poluentes orgânicos, agentes infectantes e nutrientes. A implantação de sistemas de tratamento de resíduos, juntamente com a identificação dos pontos mais críticos, é necessária, pois visa contribuir para a redução da geração de resíduos e na redução da poluição das águas, estes concentram a maior geração de líquidos em todo o processo de produção (SILVA; EYNG, 2013).

As principais características poluidoras e passíveis de alternar a classe de um corpo d'água são a turbidez e os sólidos presentes nos resíduos de laticínios, principalmente os provenientes das águas de lavagem dos latões, uma vez que a grande maioria dos sólidos, responsáveis pela cor esbranquiçada do resíduo bruto da água de lavagem, são proteínas do leite provenientes dos processos de fabricação de queijos, doces, iogurtes e demais derivados lácteos.

Segundo a SAMAE (2012), a turbidez é dada como sendo a característica física da água provocada pelas partículas de sólidos em suspensão e os organismos microscópicos presentes, ela é o parâmetro de aspecto estético de aceitação ou rejeição do produto, sendo o valor máximo permitido de turbidez na água distribuída de 5,0 NTU (SABESP 2010). É medida pela dificuldade que um feixe de luz tem ao atravessar certa quantidade de água sendo dada pela presença de partículas flutuantes. Para realizar sua medição é usado um turbidímetro ou nefelômetro (SAMAE 2012).

A turbidez além de dificultar a penetração da luz do sol na água, também prejudica a fotossíntese das macrófitas, a redução das plantas por sua vez, diminui a produtividade de peixes, podendo influenciar nas comunidades biológicas aquáticas, além de afetar os usos doméstico, industrial e recreativo da água.

As principais causas do aparecimento de matérias sólidos em suspensão se dá através da argila, silte, matéria orgânica, inorgânica, organismos microscópicos e algas, estas matérias podem ocorrer por causa dos solos expostos, a mineração, indústrias e/ou pelo esgoto doméstico lançado sem nenhum tipo de tratamento em corpos d'água. Estes sedimentos em suspensão podem agrupar nutrientes e pesticidas, intupindo as guelras dos peixes, interferindo na habilidade destes em se alimentar e defender de seus predadores (CETESB, 2010).

Segundo Silva (2009), Toda fração sólida em tipo de tratamento para os resíduos que se definirá a partir de seu perfil, considerando assim sua composição podendo ser física, química ou biológica, classificados através do seu tamanho e estado físico, se é suspenso ou dissolvido, voláteis ou fixos, sedimentáveis ou não sedimentáveis. Os sólidos sedimentáveis são porções de partículas em suspensão sedimentadas pela ação da gravidade, para isso deve-se deixar a amostra em repouso por uma hora em um cone padronizado denominado cone de Imhoff, tendo sua medida em ml/L para sólidos sedimentáveis e não sedimentáveis, dos quais 75% são voláteis e 25% fixos (MEDEIROS FILHO, 2015).

O teste de uma hora no cone Imhoff é indicado para materiais sedimentáveis que contenham até 1 ml/L, na adequação do lançamento desses resíduos em lagos e lagoas, sua velocidade de circulação é nula, para isso os materiais sedimentáveis devem estar potencialmente ausentes (MACHADO JUNIOR, 2014).

O laticínio do IFSULDEMINAS - Câmpus Inconfidentes, Figura 01, foi instalado na Fazenda-Escola no ano de 1997, é enquadrado sendo de pequeno porte, com uma entrada de 900 L de leite por semana, sua produção é diversificada podendo produzir desde doces de leite de vários tipos, iogurtes, leite pasteurizado e varios tipos de queijos. Mas a produção que mais se destaca é de leite pasteurizado podendo atingir por mês, aproximadamente, 1.805/L. Nos processos de fabricação e em suas diversas etapas os laticínios geram, em media, 2.400 litros de resíduo líquido por dia.



**Figura 1:** Laticínio da fazenda IFSULDEMINAS-Câmpus Inconfidentes-MG. Fonte: elaboração própria.

Nas Figuras 2a e 2b, podem ser observadas as plataformas de recepção de leite e expedição de produtos onde são gerados resíduos líquidos de leite provenientes da lavagem dos latões.





**Figura 2a:** Plataforma de recepção/expedição. IFSULDEMINAS – Câmpus Inconfidentes. Fonte: elaboração própria.



**Figura 2b:** Plataforma de recepção/expedição. IFSULDEMINAS – Câmpus Inconfidentes. Fonte: elaboração própria.

Na sala de processamento de leite há a geração de resíduos líquidos provenientes da lavagem do pasteurizador do tanque pulmão, utilizado para armazenar leite para o empacotamento, e da máquina de empacotar figura 3a e 3b.



**Figura 3a:** Sala de processamento de leite. IFSULDEMINAS – Câmpus Inconfidentes. Fonte: elaboração própria.



**Figura 3b:** Sala de processamento de leite. Canalização de resíduos líquidos. IFSULDEMINAS – Câmpus Inconfidentes. Fonte: elaboração própria.

Os resíduos provenientes das lavagens das instalações, utensílios e equipamentos são canalizados, Figura 4, ao Sistema de Tratamento de Águas Residuárias instalado próximo às dependências do laticínio, Figura 5.



**Figura 4:** Canalização dos resíduos líquidos. IFSULDEMINAS – Câmpus Inconfidentes. Fonte: elaboração própria.



**Figura 5:** Sistema de Tratamento de Resíduos Líquidos de laticínios. IFSULDEMINAS – Câmpus Inconfidentes. Fonte: elaboração própria.

#### **2.4. Processos oxidativos avançados**

Os processos oxidativos avançados envolvem a geração de radicais hidroxila (OH) altamente reativos, tem alta capacidade de destruição de vários poluentes orgânicos, um deles é o reagente FENTON sua base é composta de peróxido de hidrogênio e sais de ferro na decomposição catalítica, o peróxido de hidrogênio além de ser um oxidante muito eficiente e seguro é de baixo custo quando comparado com outros POA's, vem sendo utilizado a décadas no tratamento de resíduo no mundo todo (MARTINS et al., 2011).

O radical hidroxila é formado por reações de combinação de oxidantes como ozônio e peróxido de hidrogênio com a irradiação ultravioleta (UV) e seus catalisadores como os íons metálicos ou semicondutores, o radical hidroxila causa diferentes reações devido a estrutura do contaminante orgânico, como abstração de átomos de hidrogênio pela adição eletrolítica capaz de oxidar compostos orgânicos, gerando assim radicais orgânicos (NOGUEIRA et al., 2007).

Os POA's tem várias vantagens com relações a outros processos de tratamento tendo grande competência de mineralizar poluentes uma enorme capacidade de oxidar os compostos recalcitrantes e os não biodegradáveis, pode ser usado com combinação de outros processos de tratamento, tem eficiência e rapidez nas reações, melhora a qualidade organoléptica da água e também possibilita o tratamento local (MICOLICHI, 2013).

Para a efetivação dos processos oxidativos avançados Fenton e Foto-Fenton solar, utiliza-se dois reagentes químicos, peróxido de hidrogênio ( $H_2O_2$ ) e sulfato de ferro ( $FeSO_4$ ) para o processo Fenton e no processo foto-Fenton utiliza-se também a radiação solar.

Segundo Ruas (2008), peróxido de hidrogênio é um dos oxidantes mais versáteis que existe, sendo superior ao dióxido de cloro, cloro, e permanganato de potássio. Através de catálise, o  $H_2O_2$  gera um radical hidroxila que tem sido utilizado há muitos anos nos tratamentos de resíduos industriais e de águas para abastecimento. Apesar do poder de reação, que o peróxido de hidrogênio tem ele é um metabólico natural em muitos organismos, o qual, quando decomposto, resulta em oxigênio molecular e água. Deve ser aplicado na medida correta e na quantidade certa, em excesso o peróxido de hidrogênio causa efeito inibitório na degradação dos poluentes devido o procedimento de capturar os radicais hidroxila (WATTSet.al, 1994).

O sulfato de ferro é mais comumente encontrado como o hepta-hidratado de cor verde-azulado e tem sua fórmula como  $FeSO_4 \cdot 7H_2O$ . É o agente químico responsável por catalisar a decomposição do peróxido de hidrogênio, quando o pH está próximo a 3,0 o Sulfato de Ferro no meio aquoso se torna mais eficiente para catalisar a decomposição do peróxido de hidrogênio (Lange et al 2006).

#### **2.4.1. Processo Fenton**

Existem vários processos oxidativos avançados, entre eles o processo Fenton se destaca. Em 1894 o pesquisador Henry John Horstman Fenton descreveu que o peróxido de hidrogênio poderia ser ativado por íons férricos na oxidação do ácido tartárico, foi quando o Processo Fenton teve seu início (GAMA, 2012).

A reação de Fenton o  $Fe^{2+}$  reage com o  $H_2O_2$  aumentam a velocidade de reação para decomposição do peróxido de hidrogênio em meio ácido, gerando radical hidroxila, em que este é

extremamente reativo e capaz de oxidar efetivamente grande parte da matéria orgânica presente em resíduos líquidos em questão de alguns minutos, o que o torna interessante à remediação de resíduos (TEIXEIRA 2004).

Segundo Ragasson (2013), dentre os vários processos oxidativos avançados, o processo de Fenton tem sido o mais empregado devido ao menor custo, simplicidade do processo e boa reatividade com compostos orgânicos, e por não produzir compostos tóxicos durante a oxidação dos resíduos.

O processo de oxidação empregando reagente Fenton é composto por quatro estágios segundo (Bidga, 1995) citado por (LANGE et al., 2006) que são:

- 1º - ajuste de pH: a faixa de pH ideal é entre 3,0 e 4,0. Para valores de pH elevados ocorre a precipitação de  $\text{Fe}^{3+}$ .
- 2º - reação de oxidação: processada em um reator não pressurizado e com agitação. É feita a adição de sulfato ferroso e peróxido de hidrogênio.
- 3º - neutralização e coagulação: deve ser feito um ajuste de pH na faixa de 6,0 a 9,0, para precipitar hidróxido de ferro, o que pode ser feito com a adição de cal. Uma vantagem dessa etapa é a possibilidade de remoção de outros metais pesados por precipitação.
- 4º - precipitação: o hidróxido de ferro e alguns metais pesados precipitam e podem ser removidos da solução.

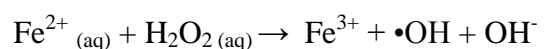
O reagente Fenton possui diferentes funções no tratamento de resíduo dependendo da relação  $\text{H}_2\text{O}_2/\text{Fe}^{2+}$ . Já o  $\text{Fe}^{2+}$  com quantidade maior excede o  $\text{H}_2\text{O}_2$  no tratamento tendendo a apresentar um efeito de coagulação química. As diferentes dosagens dos reagentes variam de acordo com o tipo de resíduo a ser tratado.

A temperatura aumenta as reações com o reagente Fenton, com a temperatura muito alta acaba tendo a redução da eficiência do  $\text{H}_2\text{O}_2$  por acelerar a decomposição em oxigênio e água. A temperatura adequada para aplicar o reagente Fenton é entre 20° – 40 °C.

As vantagens do processo Fenton é o fato de possuir reagentes baratos e seguro ambiental, o ferro é atóxico e abundante na natureza, e o peróxido é de fácil manuseio e se decompõe em  $\text{H}_2\text{O}$ , o uso desses reagentes provoca uma combinação do processo Fenton a processos biológicos, sendo eficiente na oxidação da reação que inclui temperatura e pressão ambiental simplificando a aplicação do processo (GAMA, 2012).

Segundo Ragasson (2013), Uma das grandes limitações do processo Fenton é a estreita faixa de pH de maior eficiência de reação. Embora apresente maior eficiência em valores de pH entre 2,5 e 3,0, a viabilidade da reação ainda pode ser observada em valores de pH próximos a 5,0 ou maiores.

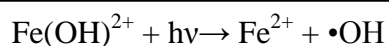
Sua reação ocorre da seguinte maneira:



#### 2.4.2. Processo Foto-Fenton Solar

O processo Foto-Fenton solar foi iniciado na década de 1950, houve a oxidação de compostos orgânicos na presença de  $\text{H}_2\text{O}_2$  e íons férricos sob radiação solar ultravioleta em meio ácido são foto regenerados a  $\text{Fe}^{+2}$  voltam para o sistema atacando o peróxido de hidrogênio gerando novos radicais hidroxila que são responsáveis pelas reações de oxidação (Nogueira et al, 2007).

Segundo Silva et al (2009), O processo Foto-Fenton solar, a velocidade de degradação de poluentes pode ser aumentada devido a grande geração de radicais hidroxilas e ao ataque direto à matéria orgânica pelos radicais hidroxilas. A radiação destas espécies na região do ultravioleta produz  $\text{Fe}^{+2}$ , que pode ser novamente consumido na reação de Fenton. Esses processos de tratamento tem recebido uma grande atenção nesses últimos anos devido à maior eficiência quando comparado ao processo Fenton. A foto-redução do  $\text{Fe}^{+3}$  a  $\text{Fe}^{+2}$  é considerada como responsável pelo aumento do efeito oxidativo do processo. Em um processo cíclico, o  $\text{Fe}^{+2}$  regenerado reage novamente com o peróxido de hidrogênio, além de ocorrer à geração adicional do radical hidroxila, como apresentado a seguir.



#### 2.4.3. Deliberação Normativa Conjunta COPAM/CERH-MG n° 01, 05/05/2008.

No estado de Minas Gerais, a legislação que pertinente o lançamento de águas residuais em corpos d'água é a Deliberação Normativa Conjunta COPAM/CERH-MG n° 01, de 05 de maio de 2008, que dispõe sobre a classificação dos corpos d'água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de águas residuais tomando certas providências. (COPAM, 2008).

De acordo com o Artigo 3º, as águas doces estaduais são classificadas, segundo a qualidade requerida para os seus usos preponderantes e as condições ambientais dos corpos d'água, em cinco classes de qualidade. Em Minas Gerais não há enquadramento para os cursos d'água,

portanto, o Rio Mogi-Guaçu é considerado como de Classe II de acordo com o capítulo VI, no artigo 37 que atesta:

“Enquanto não aprovados os respectivos enquadramentos, as águas doces serão consideradas Classe II, exceto se as condições de qualidade atuais forem melhores, o que determinará a aplicação da classe mais rigorosa correspondente”.

O capítulo V fala sobre as condições e estabelece padrões de lançamento de efluente. De acordo com o art.29. Qualquer efluente de fonte poluidora somente poderão ser lançados direto ou indiretamente, nos corpos d’água desde que obedeçam as condições de padrões previstos neste artigo.

O §3º fala dos corpos d’água com condições e padrões de qualidade prevista na DN que não incluam restrições de toxicidade a organismos aquáticos, não se aplicam os parágrafos anteriores. III matérias sedimentáveis: até 1mL/L em teste de 1 hora em cone Imhoff. Para o lançamento em lagos e lagoas cuja a velocidade de circulação seja praticamente nula, as matérias sedimentáveis deverão estar virtualmente ausentes.

De acordo com o Artigo 4º, na Classe II as águas podem ser destinadas:

- a) ao abastecimento para consumo humano, após tratamento convencional;
- b) à proteção das comunidades aquáticas;
- c) à recreação de contato primário, tais como natação, esqui aquático e mergulho, conforme Resolução CONAMA no 274, de 29 de novembro de 2000.
- d) à irrigação de hortaliças, plantas frutíferas de parques, jardins, campos de esporte e lazer, com os quais o público possa vir a ter contato direto;
- e) à aquicultura e à atividade de pesca.

### **3. MATERIAL E MÉTODOS**

#### **3.1. Local de coleta de resíduos líquidos**

As águas residuais utilizadas neste estudo foram coletadas através da caixa de gordura do laticínio do IFSULDEMINAS-Câmpus Inconfidentes.

Os resíduos líquidos gerados nas instalações do laticínio provenientes da lavagem de latões eram encaminhados através de canais coletores ao Sistema de Tratamento de Águas Residuárias pertencente a esta instalação. Os resíduos coletados se relacionam apenas à água de lavagem de latões, pasteurizador, tanque de recepção, tanque pulmão e máquina de empacotar leite, uma vez que este tipo de resíduo é o que mais contribui para o aumento da turbidez e sólidos suspensos.

#### **3.2. Processo Fenton**

Para a realização do processo oxidativo avançado Fenton, aqui discriminado como F, foi utilizado uma proveta graduada de 1000 ml onde foram medidos 999,0 ml do resíduo líquido previamente homogeneizado. O resíduo medido foi transferido para um béquer de 1000 ml e direcionado ao agitador magnético. Em seguida foram adicionados 1,349 g de Sulfato de Ferro, primeira concentração, C1, onde permaneceu sob agitação por 1 minuto, decorrido este tempo adicionou-se 1 ml de solução de peróxido de hidrogênio a 30% e agitou-se por mais 1 minuto. Logo em seguida, o resíduo foi transferido para um cone Imhoff, Figura 9, seguindo os procedimentos padrões para análise de sólidos sedimentáveis no qual foram observadas a quantidade decantada de acordo com o tempo decorrido, a cada 15 minutos. Este procedimento foi realizado três vezes em três cones Imhoff diferentes localizados em um mesmo suporte com capacidade para três cones.



**Figura 9:** Processo Fenton – C1. Resíduo adicionado das substâncias oxidantes no cone Imhoff. Fonte: elaboração própria.

Após todos os procedimentos realizados o experimento foi encaminhado para uma estufa, Figura 10, dentro do laboratório de microbiologia sem nenhuma interferência de energia solar ou influência de luz ultravioleta onde permaneceu por um período de uma hora. O mesmo procedimento foi realizado para a segunda concentração de sulfato de ferro, C2, 1,013 g e para a terceira concentração, C3, de 0,675 g. Todos os procedimentos para as três concentrações foram realizados em triplicata nos dias 23, 28 e 30 de julho de 2015, totalizando uma série com três repetições.



**Figura 10:** Processo Fenton – C2 e C3. Resíduo adicionado das substâncias oxidantes no cone Imhoff dentro da estufa. Fonte: elaboração própria.



### 3.3. Processo Foto-Fenton Solar

Os mesmos procedimentos utilizados no processo Fenton foram adotados para o processo Foto-Fenton Solar, FFS. Foram utilizadas as mesmas concentrações de sulfato de ferro 1,349 g correspondente a primeira concentração, C1, a segunda concentração de 1,013 g, C2, e a terceira concentração de 0,675 g, C3. O resíduo medido em uma proveta foi transferido para um béquer de 1000 ml e direcionado ao agitador magnético. Em seguida foram adicionados 1,349 g de Sulfato de Ferro, primeira concentração, onde permaneceu sob agitação por 1 minuto, decorrido este tempo adicionou-se 1 ml de solução de peróxido de hidrogênio a 30% e agitou-se por mais 1 minuto. Logo em seguida, o resíduo foi transferido para um cone Imhoff seguindo os procedimentos padrões para análise de sólidos sedimentáveis no qual foram observadas a quantidade decantada de acordo com o tempo decorrido, a cada 15 minutos. Figura 11a.

Após todos os procedimentos realizados o experimento foi encaminhado para o pátio do laboratório de microbiologia, Figura 11b, para que recebesse radiação ultravioleta solar por um período de uma hora, das 13:30 às 14:30 horas. O mesmo procedimento foi realizado para a segunda concentração do sulfato de ferro, 1,013 g e para a terceira de 0,675 g. Todos os procedimentos para as três concentrações foram realizados em triplicata nos dias 23, 28 e 30 de julho de 2015, totalizando três repetições e nove resultados.



**Figura 11a:** Processo FFS – F1. Preparo no laboratório de microbiologia. Fonte: elaboração própria.



**Figura 11b:** Processo FFS – F1. Preparado e encaminhado ao pátio do laboratório de microbiologia. Fonte: elaboração própria.

O processo FFS foi executado nos horários de 13:00 – 14:00, CT1, 13:00 – 14:00, CT2 e 13:00 – 14:00, CT3 devido ao fato de no período de tempo compreendido entre 13:00 às 14:00 horas haver maior incidência de radiação ultravioleta o que caracteriza a ação dos processos foto-fentons.

### **3.4. Procedimentos de controle**

Os procedimentos de controles foram realizados para a averiguação da interferência no processo de sedimentação ao utilizar, de maneira isolada, as substâncias integrantes dos processos oxidativos. Foram executados três procedimentos de controle referentes somente à adição de sulfato de ferro nos processos F e FFS e um controle somente com peróxido de hidrogênio nos processos F e FFS.

Com o auxílio de uma proveta com capacidade de 1000 ml foram medidos 999 ml do resíduo bruto. Após a medição o resíduo foi encaminhado a um becker com capacidade de 1000 ml e foram adicionados 1,349 g de sulfato de ferro, C1, e sem a adição de peróxido de hidrogênio. Em um segundo momento, o mesmo procedimento foi realizado com a segunda concentração, C2, 1,013 g de sulfato de ferro também sem a adição de peróxido de hidrogênio e o mesmo ocorreu com a terceira concentração, C3, 0,675 g de sulfato de ferro sem adição de peróxido de hidrogênio.

Os procedimentos de controle foram adotados para os processos F e FFS respeitando seus respectivos horários, anteriormente executados. No que diz respeito ao controle somente do uso de peróxido de hidrogênio, C4, foram medidos, em uma proveta, 999 ml do resíduo bruto e colocados em um becker com capacidade de 1000 ml e adicionado 1 ml de peróxido de hidrogênio a 30%, logo após a agitação, o resíduo foi acondicionado em um cone Imhoff. O procedimento foi realizado em triplicata para o processo F e FFS. Na Figura 12 é possível a visualização dos testes de controle nos quais foram realizados nos dias 31 de julho de 2015, 03, 04 e 05 de agosto de 2015.



**Figura 12:** Testes de controle de interferência com as concentrações C1, C2 e C4. Fonte: elaboração própria.

### 3.5. Coletas amostrais

Para a realização das coletas amostrais foram seguidas as orientações estabelecidas pelo Guia Nacional de Coleta e Preservação de Amostras (CETESB, 2012).

Os resíduos foram coletados na saída da canalização do laticínio, Figura 13. As amostras foram coletadas às 8:00 da horas da manhã devido às atividades desenvolvidas no laticínio se iniciarem neste horário onde é realizada a lavagem dos latões de leite.

Na Tabela 01, encontram-se as datas e a quantidade de resíduo coletado para cada processo.

**Tabela 01:** Quantidade de resíduo líquido coletado de acordo com cada processo oxidativo avançado executado e testes de controle.

Processo	Datas						
	23/07	28/07	30/07	31/07	03/08	04/08	05/08
<b>F</b>	3000 ml	3000 ml	3000 ml				
<b>FFS</b>	3000 ml	3000 ml	3000 ml				
<b>CT1</b>				2000 ml	2000 ml	2000 ml	
<b>CT2</b>				2000 ml	2000 ml	2000 ml	
<b>CT3</b>				2000 ml	2000 ml	2000 ml	
<b>CT4</b>							6000 ml

Ao todo foram coletados 6000 ml de resíduo para a realização dos processos oxidativos, destes, 3000 ml para o F e 3000 para o FFS na data de 23 de julho de 2015. O mesmo se procedeu com as datas de 28 e 30 de julho de 2015. Com relação à realização dos testes de controle foram coletados 2000 ml para o controle 1, 1,349 g, CT1, para os processos F e FFS

nas datas de 31 de julho de 2015 e 03 e 04 de agosto de 2015 e para as outras concentrações, concentração 2, CT2 e concentração 3, CT3, foram adotados os mesmos procedimentos. Para a realização do teste apenas com o uso de peróxido de hidrogênio, CT4, foi realizado apenas um teste em triplicata para os processos F e FFS, ao todo foram coletados 6000 ml de resíduo líquido para cada processo.



**Figura 13:** Caixa de gordura laticínio do IFSULDEMINAS – Câmpus inconfidentes. Fonte: elaboração própria.

### 3.6. Parâmetro analisado

O parâmetro analisado bem como o método adotado encontram descritos na Tabela 02.

**Tabela 02:** Parâmetro analisado e seu respectivo método analítico.

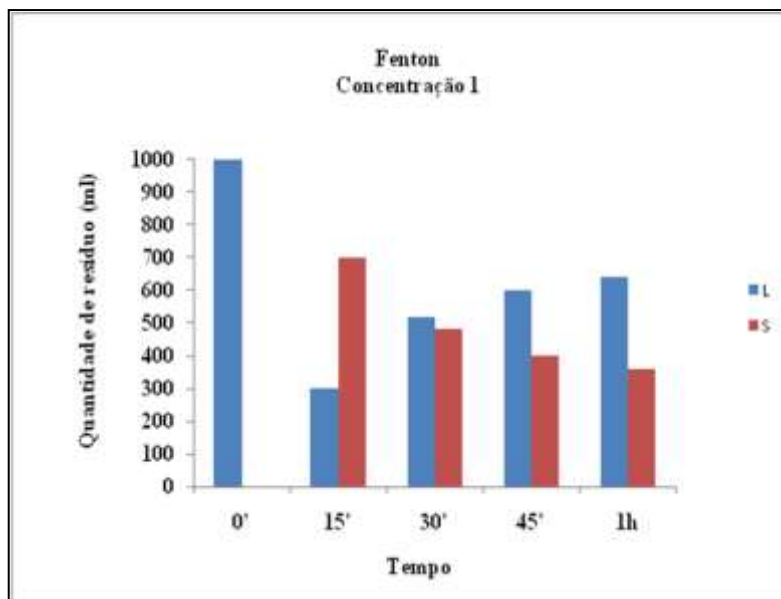
Parâmetro	Método Analítico
Sólidos Sedimentáveis (ml.L <sup>-1</sup> )	Sólidos sedimentáveis 2540D. Standard Methods 20ed. (APHA, 1998).

## 4. RESULTADOS E DISCUSSÕES.

Para melhor entendimento da discussão, os resultados obtidos estão dispostos através de gráficos. Pela falta de estudos envolvendo processos Fenton e Foto-Fentos Solar em resíduos líquidos de laticínios em se tratando de tempo de sedimentação, o presente trabalho ficou restrito apenas à apresentação dos próprios resultados obtidos, uma vez que não foi possível o levantamento bibliográfico referente à relação Tempo x Sedimentação.

### 4.1. Processo Fenton

#### 4.1.1. Concentração 1



**Figura 14:** Relação entre o tempo de sedimentação e quantidade de sólidos sedimentáveis. Fonte: elaboração própria.

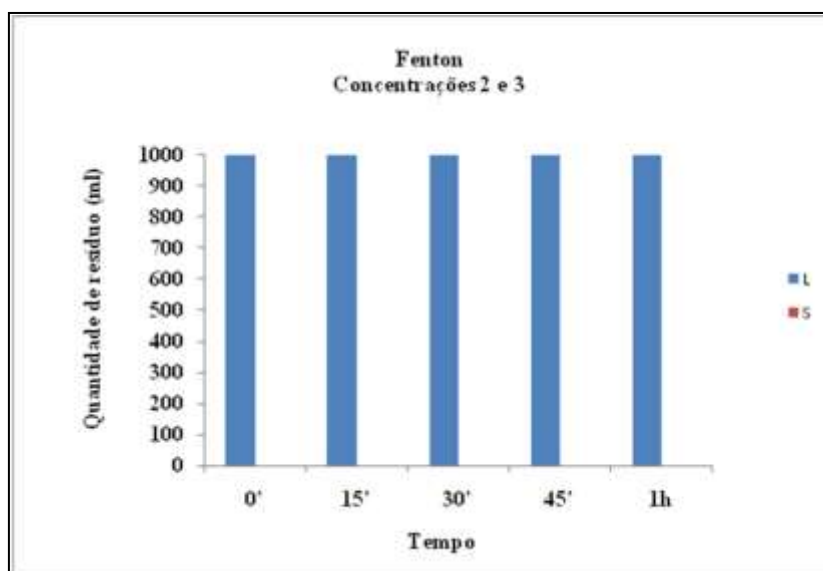
Após a realização do processo Fenton as amostras foram observadas a cada 15 minutos até que se completasse o período de uma hora. Durante o tempo inicial, 0', não foram observadas sedimentações nos três cones que compunham o experimento com a concentração 1, Figura 14. Nos intervalos de 15 minutos, Figura 15, foram observados que a quantidade visível da parte líquida apresentava-se menor do que a parte visível de sólidos e o quadro se invertia no intervalo de observação. Porém, no final do experimento foi observada a estagnação da sedimentação nos cones o que pode ter ocorrido pela falta de espaço ou pela ausência de sólidos que pudessem ser oxidados.



**Figura 15:** Processo fenton a cada 15 minutos de observação. Fonte: elaboração própria.

## 4.1.2. Processo Fenton

### Concentrações 2 e 3



**Figura 16:** Processo Fenton a cada 15 minutos de observação. Concentrações 2 e 3. Fonte: elaboração própria.

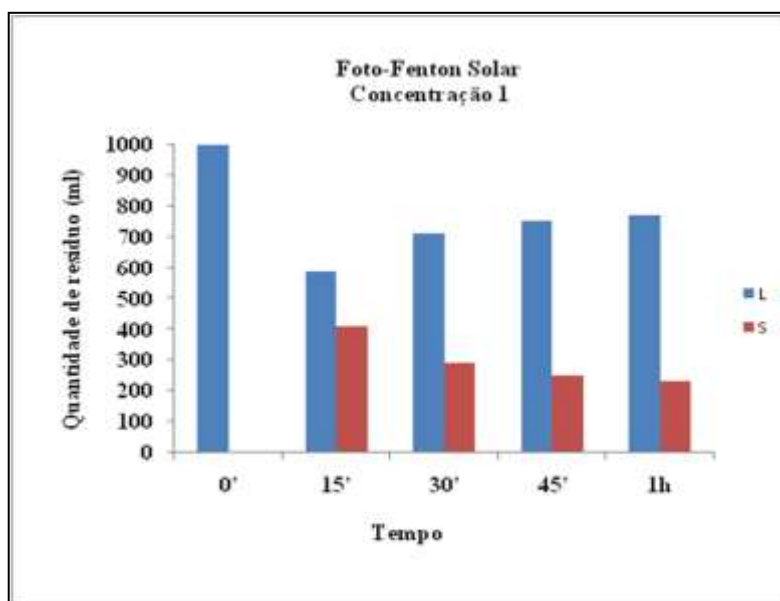
Pela Figura 15, pode-se observar que ao utilizar as concentrações de 1,013 g, CT2, não houve diferença na quantidade de sólidos que se sedimentaram, nem tampouco em relação à CT3 a mudança da característica natural do resíduo. Na Figura 17, podem ser vistos os cones no final do experimento sem que houvesse alterações.



**Figura 17:** Processo Fenton CT2. Fonte: elaboração própria.

## 4.2. Processo Foto-Feton Solar

### 4.2.1. Concentração 1



**Figura 18:** Processo Foto-Fenton Solar a cada 15 minutos de observação. Fonte: elaboração própria.

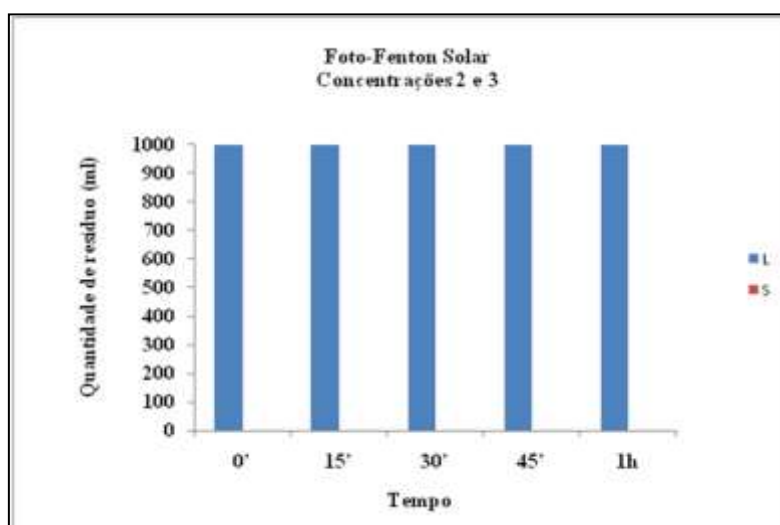
O mesmo procedimento foi adotado na observação do processo Fenton, contudo a parte líquida apresentou-se mais evidente logo nos primeiros 15 minutos de exposição à radiação ultravioleta, Figura 18, e, após 30 minutos, a quantidade de líquido separado da parte sólida tornou-se mais visível e apresentou diferença significativa nas características físicas do resíduo líquido. Porém, a partir dos trinta minutos de exposição não foram observadas diferenças significativas nas concentrações de sólidos sedimentáveis que tendenciaram à estagnação. Na Figura 19 encontram-se os intervalos de tempo de exposição do resíduo no processo Foto-Fenton Solar.





**Figura 19:** Processo Foto-Fenton Solar a cada 15 minutos de observação. Fonte: elaboração própria.

#### 4.2.2. Processo Foto-Fenton Solar - Concentrações 2 e 3



**Figura 20:** Processo Foto-Fenton Solar a cada 15 minutos de observação. Concentrações 2 e 3. Fonte: elaboração própria.

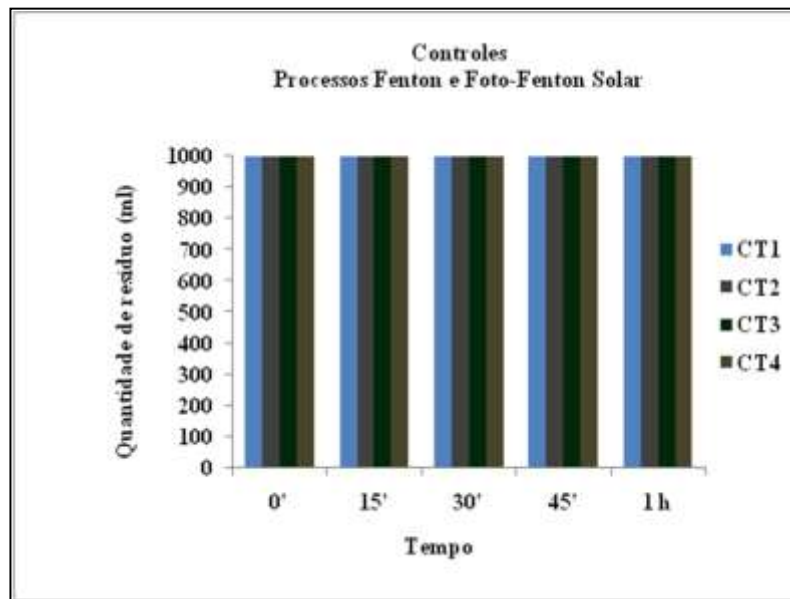
Pela Figura 20 pode-se observar que o uso das concentrações de 1,013 g e 0,675 g de sulfato não apresentaram alteração na qualidade do resíduo bruto e na sedimentação dos sólidos presentes na amostra. Na Figura 21 observa-se a aplicação da concentração 2, CT2, no processo Foto-Fenton Solar.



**Figura 21:** Processo Foto-Fenton Solar CT2.  
Fonte: elaboração própria.

#### 4.3. Controles

Pela Figura 22 pode-se observar que as concentrações CT1, CT2, CT3 e CT4 utilizadas de maneira isolada no resíduo líquido de laticínio nos processos Fenton e Foto-Fenton Solar não apresentaram alteração na sedimentação de sólidos.



**Figura 22:** Processo Foto-Fenton Solar a cada 15 minutos de observação. Concentrações 2 e 3. Fonte: elaboração própria.

#### 4.4. Tratamento Estatístico

Foi utilizado o *software Microsoft Excel 2010* para processar os dados, utilizando a ferramenta “Teste F: duas amostras para variâncias” e “ANOVA fator único” como tratamentos estatísticos, onde foi calculado a variância das médias das análises realizadas nos dois processos oxidativos, obtendo valor estatístico para cada parâmetro. O tratamento com os dois processos oxidativos levaram em consideração 5% de nível de significância e 95% de probabilidade. Estatisticamente, os valores dos tratamentos oxidativos Fenton e Foto-Fenton Solar apresentaram próximos sem diferença significativa entre os resultados. Nas Tabelas 03, 04 e 0 encontram-se os resultados das análises estatísticas empregadas.

**Tabela 03:** Análise de variância fator único, processos Fenton e Foto-Fenton Solar.

Grupo	Contagem	Soma	Média	Variância
FFS	4	1170,83	292,708	6382,58
F	4	1931,67	482,917	23456,7

**Tabela 04:** Análise de variância fator único, processos Fenton e Foto-Fenton Solar.

Fonte da variação	SQ	gl	MQ	F	valor-P	F crítico
Entre grupos	72358,42014	1	72358,4	4,84987	0,069885907	5,9873776
Dentro dos grupos	89517,88194	6	14919,6			
Total	161876,3021	7				

**Tabela 05:** Teste-F: duas amostras para variâncias, processos Fenton e Foto-Fenton Solar.

	<b>FFS</b>	<b>F</b>
<b>Média</b>	292,7083333	482,917
<b>Variância</b>	6382,581019	23456,7
<b>Observações</b>	4	4
<b>Gl</b>	3	3
<b>F</b>	0,272100402	
<b>P(F&lt;=f) uni-caudal</b>	0,156715509	
<b>F crítico uni-caudal</b>	0,107797789	

## **5. CONCLUSÃO**

Os resultados obtidos nas amostras tratadas pelos processos Fenton e Foto Fenton Solar mostraram-se satisfatórios tanto na decantação dos sólidos sedimentáveis quanto no tempo de sedimentação. A menor das concentrações de  $\text{FeSO}_4$  a ser usada deve ser de 1,349 g, por apresentar melhor eficiência na remoção de sólidos.

## 6. REFERENCIAL BIBLIOGRÁFICO

AZEVEDO, Flavio da Rocha. **ESTUDO COMPARATIVO DA TRATABILIDADE DE RESÍDUO DE LATICÍNIO ATRAVÉS DE PROCESSO OXIDATIVO AVANÇADO**. 2011. 81 f. Tese (Doutorado) - Curso de Ecologia, Universidade Federal de Juiz de Fora, 2011. Disponível em: <http://www.ufjf.br/ecologia/files/2015/04/FlavioRocha.pdf>. Acessado em: Abril de 2015.

BEGNINI, Beatriz Chinato; RIBEIRO, Heraldo Baialardi. PLANO PARA REDUÇÃO DE CARGA POLUIDORA EM INDÚSTRIA DE LACTICÍNIOS. **Saúde Meio Ambiente: Revista interdisciplinar**, Santa Catarina, v. 01, n. 03, p.19-30, jun. 2014. Disponível em : <http://www.periodicos.unc.br/index.php/sma/article/view/519/426>. Acesso em Abril de 2015.

CAMPOS, Cláudio Milton Montenegro et al. AVALIAÇÃO DA EFICIÊNCIA DO REATOR UASB TRATANDO RESÍDUO DE LACTICÍNIO SOB DIFERENTES CARGAS ORGÂNICAS. *Ciência Agro técnica*, Lavras, v. 6, n. 28, p.1376-1384, dez. 2004. Disponível em : <http://www.scielo.br/pdf/cagro/v28n6/a21v28n6.pdf>. Acesso em: abril de 2015.

CETESB, COMPANHIA ESTADUAL DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO BÁSICO E CONTROLE DE POLUIÇÃO DAS ÁGUAS. **Guia Nacional de Coleta e Preservação de Amostras**. Disponível em: <http://www.cetesb.sp.gov.br/userfiles/file/laboratorios/publicacoes/guia-nacional-coleta-2012.pdf>. Acesso em: abril de 2015.

COPAM, CONSELHO ESTADUAL DE POLÍTICA AMBIENTAL, Deliberação Normativa Conjunta COPAM/CERH-MG nº 01, de 05 de maio de 2008. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e padrões de lançamento de resíduos, e dá outras providências. Disponível em: <http://www.siam.mg.gov.br/sla/download.pdf?idNorma=8151>. Acesso em: março de 2015.

GAMA, Mariana Roberta. Processos Fenton como Alternativa na Remoção de Interferentes Endócrinos e outros Micropoluentes Ambientais. **Virtual Química**, Campinas, v. 04, n. 6, p.777-787, 24 out. 2012. Disponível em: <http://www.uff.br/RVQ/index.php/rvq>. Acesso em: abril, 2015.

LANGE, Liséte Celina; ALVES, Juliana Felisberto; AMARAL, Miriam Cristina Santos; JÚNIOR, Wilson Rodrigues de Melo. **Tratamento de lixiviado de aterro sanitário por processo oxidativo avançado empregando reagente de Fenton**. 2006. 11 v. Artigo Técnico(Graduação) - Curso de Engenharia Sanitária e Ambiental, Universidade Federal de Minas Gerais-UFGM, Rio de Janeiro, 2006. Disponível em: [http://www.scielo.br/scielo.php?pid=s1413-41522006000200011&script=sci\\_arttext](http://www.scielo.br/scielo.php?pid=s1413-41522006000200011&script=sci_arttext). Acesso em: abril de 2015.

MACHADO JUNIOR, Olavo. ASPECTOS E IMPACTOS AMBIENTAIS. In: TORQUETTI, Zuleika Stela Chiacchio. **GUIA TÉCNICO AMBIENTAL DA INDÚSTRIA DE LATICÍNIOS**. Belo Horizonte: Fiemg, 2014. p. 36-49. Disponível em: [http://www7.fiemg.com.br/Cms\\_Data/Contents/central/Media/Documentos/Biblioteca/PDFs/FIEMG/MeioAmbiente/2014/CartilhasPublica%C3%A7%C3%B5es/FI-0066-14-CARTILHA-LATICINIOS3-INTRANET.pdf](http://www7.fiemg.com.br/Cms_Data/Contents/central/Media/Documentos/Biblioteca/PDFs/FIEMG/MeioAmbiente/2014/CartilhasPublica%C3%A7%C3%B5es/FI-0066-14-CARTILHA-LATICINIOS3-INTRANET.pdf). Acesso em: abril de 2015.

MACHADO, Rosângela Moreira Gurgel; SILVA, Patrícia Cristina da; FREIRE, Valdir Honório. Gestão: Controle ambiental em indústrias de laticínio. **Brasil Alimentos: brasil alimentos**, Bahia, n.07, p.20-32,01/04/2001. Disponível em: <http://www.signuseditora.com.br/BA/pdf/07/07%20-%20Gestao.pdf>. Acesso em: abril de 2015.

MARTINS, Leonardo Madeira et al. Aplicação de Fenton, foto-Fenton e UV/H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> no tratamento de resíduo têxtil sintético contendo o corante Preto Biozol UC. **Engenharia Sanitaria e Ambiental**, Rio de Janeiro, v. 16, n. 3, p.1-10, 09 set. 2011. Disponível em : [http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S1413-41522011000300009&script=sci\\_arttext](http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S1413-41522011000300009&script=sci_arttext). Acesso em: abril de 2015.

MEDEIROS FILHO, Carlos Fernandes de. **CARACTERIZAÇÃO DE ESGOTOS SANITÁRIOS**. Disponível em: [http://www.dec.ufcg.edu.br/saneamento/ES02\\_05.html](http://www.dec.ufcg.edu.br/saneamento/ES02_05.html). Acessado em: abril em 2015.

MICOLICHI, Valeria Potier; **ESTUDO DA POTENCIALIDADE DE DEGRADAÇÃO DE RESÍDUOS DE CENTROS ESTÉTICOS ATRAVÉS DE PROCESSOS FENTON E FOTO-FENTON**. 2013. 50 f. dissertação de conclusão de curso - Curso de Química

Ambiental, Química e Biologia, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, 2013.  
Disponível em:

[http://repositorio.roca.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/2109/1/CT\\_COPAM\\_2013\\_1\\_04.pdf](http://repositorio.roca.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/2109/1/CT_COPAM_2013_1_04.pdf).

Acesso em: abril de 2015.

NOGUEIRA, Amanda Cássia; PERES, Alexandre de Paula; CARVALHO, Ellen Moraes. **AVALIAÇÃO DO RISCO AMBIENTAL UTILIZANDO FMEA EM UM LATICÍNIO NA REGIÃO DE LAVRAS – MG. Revista Produção Online**, Florianópolis, v. 01, n. 11, p.190-209, 02 mar. 2011. Disponível em:

[http://repositorio.ufla.br/bitstream/1/1207/1/ARTIGO\\_Avalia%C3%A7%C3%A3o%20do%20risco%20ambiental%20utilizando%20fmea%20em%20um%20latic%C3%ADnio%20na%20regi%C3%A3o%20de%20Lavras%20%E2%80%93%20MG](http://repositorio.ufla.br/bitstream/1/1207/1/ARTIGO_Avalia%C3%A7%C3%A3o%20do%20risco%20ambiental%20utilizando%20fmea%20em%20um%20latic%C3%ADnio%20na%20regi%C3%A3o%20de%20Lavras%20%E2%80%93%20MG). Acesso em: Abril de 2015.

NOGUEIRA, Raquel F. Pupo et al. FUNDAMENTOS E APLICAÇÕES AMBIENTAIS DOS PROCESSOS FENTON E FOTO-FENTON. **Química Nova**, Araraquara, v. 30, n. 2, p.400-408, 10 jan. 2007. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/qn/v30n2/29.pdf>. Acesso em : Abril de 2015.

OLIVEIRA, Jhonatan Morandi de; YAMASHITA, Miyuki; MENEGUETTI, Dinatan Ulises de Oliveira. **ANÁLISE DO POTENCIAL MUTAGÊNICO EM AFLUENTES DO RIO BOA VISTA INFLUENCIADOS PELA EMISSÃO DE REJEITOS DE UMA INDÚSTRIA DE LATICÍNIOS NO MUNICÍPIO DE OURO PRETO DO OESTE – RO – Brasil**. In: VIII JORNADA CIENTIFICA CEDSA, 08., Porto Velho. 2013. p. 02 - 17. Disponível em: [http://www.researchgate.net/profile/Dionatas\\_Meneguetti/publication/267392629\\_ANLISE\\_D\\_O\\_POTENCIAL\\_MUTAGNICO\\_EM\\_AFLUENTES\\_DO\\_RIO\\_BOA\\_VISTA\\_INFLUENCIA\\_DOS\\_PELA\\_EMISSO\\_DE\\_REJEITOS\\_DE\\_UMA\\_INDSTRIA\\_DE\\_LATICNIOS\\_NO\\_MUNICPIO\\_DE\\_OURO\\_PRETO\\_DO\\_OESTE\\_RO\\_Brasil/links/544e68160cf2bca5ce90b277.pdf](http://www.researchgate.net/profile/Dionatas_Meneguetti/publication/267392629_ANLISE_D_O_POTENCIAL_MUTAGNICO_EM_AFLUENTES_DO_RIO_BOA_VISTA_INFLUENCIA_DOS_PELA_EMISSO_DE_REJEITOS_DE_UMA_INDSTRIA_DE_LATICNIOS_NO_MUNICPIO_DE_OURO_PRETO_DO_OESTE_RO_Brasil/links/544e68160cf2bca5ce90b277.pdf). Acesso em: abril de 2015.

RAGASSON, Marcela Kunzler. **Aplicação do Reagente Fenton no tratamento de lixiviado de aterros sanitários**. 2013. 22 f. Monografia (Especialização) - Curso de Mba em Perícia, Auditoria e Gestão Ambiental, IPOG, Novo Hamburgo, 2013. Disponível em: <http://www.ipog.edu.br/uploads/arquivos/d1ec369d9729ed6a2d777a8943d45ba6.pdf>. Acesso em: abril de 2015.



RUAS, Diego Botelho. **Aplicação do processo oxidativo avançado H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>/UV como pós-tratamento de reator anaeróbio em resíduos de indústrias de celulose Kraft branqueada.** 2008. 134 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Hidráulica e Saneamento, Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo, São Carlos, 2008. Disponível em: [http://aplicacoes.unisul.br/ojs/index.php/gestao\\_ambiental/article/download/1082/1007](http://aplicacoes.unisul.br/ojs/index.php/gestao_ambiental/article/download/1082/1007). Acesso em: abril de 2015.

SABESP. **Qualidade da água.** 2010. Disponível em: <http://site.sabesp.com.br/site/interna/Default.aspx?secaoId=40>. Acesso em: abril de 2015 .

SAMAE. **SAIBA O QUE É TURBIDEZ DA ÁGUA.** 2012. Disponível em: [http://samae.novatrento.sc.gov.br/?pg=noticias\\_det&id=51](http://samae.novatrento.sc.gov.br/?pg=noticias_det&id=51). Acesso em: abril de 2015.

SARAIVA, Claudety Barbosa. **Potencial poluidor de um laticínio de pequeno porte: Um estudo de caso.** 2008. 80 f. Dissertação (pós-graduação) - Curso de Ciências e Tecnologia de Alimentos, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2008. Disponível em: [http://www.tede.ufv.br/tedesimplificado/tde\\_arquivos/39/TDE-2009-06-19T075605Z-1692/Publico/texto%20completo.pdf](http://www.tede.ufv.br/tedesimplificado/tde_arquivos/39/TDE-2009-06-19T075605Z-1692/Publico/texto%20completo.pdf). Acesso em: abril de 2015.

SILVA, Douglas do Nascimento; NETO, Alcivan Almeida Evangelista; CUNHA, Gabriela Miranda de Assis; FILHO, Osvaldo Chiavone; NASCIMENTO, Cláudio Augusto Oller. **Processo foto-fenton aplicado ao tratamento de águas produzidas em campos de petróleo.** 2009. 14 v. 8 f. Artigo Científico (Revista Brasileira de Ciências Ambientais). Disponível em: [http://www.rbciamb.com.br/images/online/RBCIAMB-N14-ez2009Materia01\\_artigos216.pdf](http://www.rbciamb.com.br/images/online/RBCIAMB-N14-ez2009Materia01_artigos216.pdf). Acesso em: abril de 2015.

SILVA, Francielen Kuball; EYNG, Jonathan. **O TRATAMENTO DE RESÍDUOS LÍQUIDOS DE INDÚSTRIA DE LATICÍNIOS: UM ESTUDO COMPARATIVO ENTRE OS MÉTODOS DE TRATAMENTO COM BIOFLITRO E COM O SISTEMA CONVENCIONAL DE LAGOAS.** *Revista Gestão Sustentável Ambiental*, Florianópolis, v. 2, n. 1, p.4-22, 02 maio 2013. Disponível em : [http://aplicacoes.unisul.br/ojs/index.php/gestao\\_ambiental/article/download/1082/1007](http://aplicacoes.unisul.br/ojs/index.php/gestao_ambiental/article/download/1082/1007). Acessado em : Abril de 2015.

SILVA, Israel José da. **ASPECTOS LEGAIS E TÉCNICOS DOS RESÍDUOS E RESÍDUOS EM SISTEMA INTENSIVO DE PRODUÇÃO DE LEITE.** Belo Horizonte: Revista Ufg, 2009. Disponível em: <http://www.revistas.ufg.br/index.php/vet/article/viewFile/7677/5447>. Acesso em: abril de 2015.

TEIXEIRA, Cláudia Poli de Almeida Barêa; JARDIM, Wilson de Figueiredo. **Processos Oxidativos Avançados.** 2004. 83 f. Tese (Doutorado) - Curso de Laboratório de Química Ambiental, Universidade Estadual de Campinas- Unicamp, Campinas, 2004. Disponível em: <http://lqa.iqm.unicamp.br/cadernos/caderno3.pdf>. Acesso em: abril de 2015.

WATTS, R.J.;JONG,S;DIPPRE;BARNES,W.T.Oxidation of sorber hexachlorobenzen e in souls using catalyzed aydrogen peroxide.Jornal of Hazardous Materiaail 41,p 104-1166.1994. Acesso em : novembro de 2015.