

UNIVERSIDADE DO SAGRADO CORAÇÃO

ALESSANDRO ROBERTO GEGLIO

**PROCESSO FOTO-FENTON NO TRATAMENTO DO
SORO DO LEITE ALIADO AO MÉTODO AERÓBICO
CONVENCIONAL**

BAURU
2014

ALESSANDRO ROBERTO GEGLIO

**PROCESSO FOTO-FENTON NO TRATAMENTO DO
SORO DO LEITE ALIADO AO MÉTODO AERÓBICO
CONVENCIONAL**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Centro de Ciências Exatas e Sociais Aplicadas da Universidade do Sagrado Coração, como parte dos requisitos para a obtenção do título de bacharel em Química, sob orientação do Prof. Dr. Herbert Duchatsch Johansen.

BAURU
2014

Geglio, Alessandro Roberto.

G299p

Processo foto-fenton no tratamento do soro do leite aliado ao método aeróbico convencional / Alessandro Roberto Geglio. -- 2014.

23 f.

Orientador: Prof. Dr. Herbert Duchatsch Johansen.

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Química) – Universidade do Sagrado Coração – Bauru – SP.

1. Foto Fenton. 2. Efluentes. 3. Soro de Leite. I. Johansen, Herbert Duchatsch. II. Título.

ALESSANDRO ROBERTO GEGLIO

**PROCESSO FOTO-FENTON NO TRATAMENTO DO SORO DO LEITE
ALIADO AO MÉTODO AERÓBICO CONVENCIONAL**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Centro de Ciências Exatas e Sociais Aplicadas da Universidade do Sagrado Coração, como parte dos requisitos para a obtenção do título de bacharel em Química, sob orientação do Prof. Dr. Herbert Duchatsch Johansen.

Banca examinadora:

Prof. Dr. Herbert Duchatsch Johansen
Universidade do Sagrado Coração

Profa. Dra. Ana Paula Cerino Coutinho
Universidade do Sagrado Coração

Profa. Ma. Barbara de Oliveira Tessarolli
Universidade do Sagrado Coração

Bauru, 05 de dezembro de 2014.

*Dedico esse trabalho primeiramente
à Deus, a meu pai Benedito Aparecido
Geglio, minha mãe Ana Claudia Dal
Evedove, minha avó Eunice de Moraes
Dal Evedove e minha namorada Camila
Fernada da Silva por sempre estarem do
meu lado...*

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus por ser o meu ponto de referência;

Ao apoio de minha família por suportar junto comigo essa caminhada com todas as dificuldades passadas;

Ao meu orientador Prof. Dr. Herbert Duchatsch Johansen;

Ao Grupo de Pesquisa em Eletroquímica e Corrosão da USC;

Aos amigos que sempre estiveram junto comigo Fabiano Ribeiro e Fernando dos Santos;

Aos integrantes das bandas em que faço parte: José Roberto Junior, Fernando Fraccaroli, Beatriz Faustino, José Carlos Leite e Walton Faustino e família;

Ao Motor Fire Moto Clube de Bocaina em especial ao Nilsinho Motor Fire e ao meu primo Leandro Goglio por ter me apresentado e mostrado o que é, e como deve ser um motociclista de verdade;

E todos os que me ajudaram nessa jornada.

A todos, os meus agradecimentos!

“Toda dor pode ser suportada se sobre ela
puder ser contada uma história.”

Hannah Arendt

RESUMO

O beneficiamento do leite para a produção de queijo data-se entre 8.000 e 3.000 a.C., contudo não se sabe ao certo onde foi iniciado, mas estudos indicam que foi em uma região entre os rios Tigre e Eufrates, na antiga Mesopotâmia. O leite apresenta-se como uma emulsão de gordura e as substâncias associadas, algumas em suspensão como a caseína ligada a sais minerais e outras em dissolução verdadeira como a lactose, vitaminas hidrossolúveis, proteínas do soro e sais. O queijo é produzido a partir da coagulação da caseína por ação de enzimas e ácidos. O soro do leite, que é 80% do volume e é um resíduo da produção do queijo é altamente prejudicial ao meio ambiente, e requer muita atenção no seu tratamento. Atualmente utiliza-se sistemas convencionais de lagos de aeração para o tratamento do efluente do soro de leite, porém quando utiliza-se um outro tipo de tratamento no auxílio do sistema convencional, como nesse caso o processo Foto-Fenton, obtém-se um maior rendimento, fazendo assim, diminuir gastos e tempo de tratamento. O presente trabalho tem o objetivo de utilizar o processo de Foto-Fenton como alternativa para auxiliar o tratamento de efluentes tradicional por lagoas de aeração

Palavras-chave: Tratamento de efluente. Soro do leite. Processo Foto-Fenton.

ABSTRACT

The milk processing for the production of cheese is dated between 8,000 and 3,000 BC , but no one knows for sure where it started, but studies indicate that it was in a region between the Tigris and Euphrates in ancient Mesopotamia . The milk is presented as a fat emulsion and associated substances, some suspension as casein connected to minerals and other dissolved in true as lactose , water soluble vitamins , serum proteins and salts. The cheese is produced from the coagulation of casein by the action of acids and enzymes . The whey , which is 80% of the volume and is a residue of cheese production is highly detrimental to the environment, which requires great care in its handling . It is currently used conventional aeration ponds systems for the treatment of effluent whey , but when it is used another type of processing aid in the conventional system , as in this case the photo - Fenton process , we obtain a higher income , thereby , reduce costs and treatment time. This paper aims to use the process of photo -Fenton as an alternative to aid the treatment of effluents by traditional aeration ponds

Keywords: Wastewater treatment. Whey ally. Photo–Fenton process.

LISTA DE TABELAS

TABELA 1 – COMPOSIÇÃO DO LEITE DE VÁRIAS ESPÉCIES DE ANIMAIS.....	10
TABELA 2 - DIFERENTES SISTEMAS DE PROCESSOS OXIDATIVOS AVANÇADOS.	21

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1 – ESTRUTURA DA LACTOSE.....	11
FIGURA 2 – ESQUEMA DO PROCESSO FOTO-FENTON.....	23

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	9
1.1	HITÓRIA DO QUEIJO.....	9
1.1.1	Classificação do leite.....	9
1.2	COMPOSIÇÃO DO LEITE.....	10
1.2.1	Lactose.....	10
1.2.2	Lipídeos.....	11
1.2.3	Proteínas.....	11
1.2.3.1	Caseína.....	12
1.2.3.2	Soro de leite.....	13
2	DESENVOLVIMENTO.....	14
2.1	PRODUÇÃO DE QUEIJOS.....	14
2.2	DEPENDÊNCIAS E HIGIENE.....	15
2.3	SORO DE LEITE NO PROCESSO.....	16
3	TRATAMENTO DE EFLUENTES DA INDÚSTRIA DO LEITE.....	18
4	PROCESSOS OXIDATIVOS AVANÇADOS.....	21
5	PROCESSO FOTO-FENTON.....	22
6	CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	25
	REFERÊNCIAS.....	26

1 INTRODUÇÃO

Segundo Behmer (1980) a fabricação de queijo nasceu, com a domesticação de animais fracamente produtores de leite.

1.1 HISTÓRIA DO QUEIJO

O beneficiamento do leite para a produção de queijo data-se entre 8000 e 3000 a.C., contudo não se sabe ao certo onde foi iniciado, mas estudos indicam que foi em uma região entre os rios Tigre e Eufrates, na antiga Mesopotâmia.

Os primeiros queijos eram produzidos a partir da mistura de leite de cabra com sucos ácidos ou vinagre. Em muitos casos, devido às misturas feitas, os queijos não eram saborosos e tinham odor ruim, mas fazia com que se preservasse o leite, que era o intuito principal da fabricação dos queijos.

Através de análise obtida por Fuentes (2009), o queijo só se tornaria realmente gostoso muito tempo depois, nos últimos séculos antes de Cristo, isso porque sua composição mudou: saiu o limão e entrou o coalho, uma enzima produzida pelo estômago dos animais. Acontece que, naquela época, os romanos transportavam o leite em sacos feitos de pele de animal – que contém resquícios da tal enzima. Alguém pode ter deixado o leite muito tempo dentro do saco; e aí, ao abri-lo, encontrado uma bela surpresa: o queijo. Hoje, a maioria dos queijos é produzida com coalho e micro-organismos, e alguns levam também outros aditivos.

Também segundo Behmer (1980) o queijo, como muitos outros artigos de consumo, pode constituir um índice de progresso de um povo: quanto maior a civilização de um povo, quanto mais elevado seu nível cultural, tanto mais finos os tipos de queijos por ele fabricados.

1.1.1 Classificação do leite

Existem três tipos de leite, o tipo A, B e C, que possuem o mesmo valor nutricional. Segundo Lewinski (2009), a diferença entre eles está no tipo de rebanho, ordenha, processo de obtenção e número de bactérias presentes após sua pasteurização.

De acordo com a Instrução Normativa n.º 51 do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA), de 18/09/2002, que aprova os Regulamentos Técnicos de Produção, Identidade e Qualidade do Leite tipo A, do Leite tipo B, do Leite tipo C, do Leite Pasteurizado e do Leite Cru Resfriado e o Regulamento Técnico da Coleta de Leite Cru Resfriado e seu

transporte a granel, estabelece que o leite tipo A é obtido de um único rebanho e não há contato manual com o leite em nenhuma fase do processo, ou seja, a ordenha é mecânica e o leite segue por tubulações diretamente para o compartimento onde sofre pasteurização, homogeneização e envase. O número máximo de bactérias permitido para este leite após o processo de pasteurização é de 500 UFC/mL. O leite tipo B é obtido de rebanhos diferentes e sua ordenha pode ser realizada mecânica ou manualmente e o leite deve ser refrigerado no próprio local da ordenha por até 48 horas em temperatura igual ou inferior a 4 °C e transportado em tanques até o local apropriado, onde será processado, o número máximo de bactérias permitido após o processo é de 40.000 UFC/mL. Já leite tipo C tem a mesma origem e tipo de ordenha do leite tipo B, entretanto não é refrigerado na fazenda leiteira. Após a ordenha, o leite é transportado em tanques até um local apropriado até as 10:00 h do dia de sua obtenção onde, só então, é processado seguindo os prazos estipulados pela Lei. Este processo eleva bastante o número de bactérias presentes no leite, que pode chegar, por determinação da Lei, a 100.000 UFC/mL. (LEWINSKI, 2009).

Para a produção de queijos é utilizado o Leite tipo B pasteurizado, pois, em muitos casos o laticínio compra leite refrigerado de outras ordenhas para pasteurizar e processar.

1.2 COMPOSIÇÃO DO LEITE

Os componentes do leite podem estar em emulsão como a gordura e as substâncias associadas, algumas em suspensão como a caseína ligada a sais minerais e outras em dissolução verdadeira como a lactose, vitaminas hidrossolúveis, proteínas do soro e sais.

A tabela 1 contém a composição dos leites de diversas espécies.

Alimento: Leite de	Calorias	Glicídios	Proteínas	Lipídeos	Cálcio
Vaca	65,5	4,5	3,5	3,5	0,113
Vaca (desnatado)	37,0	5,2	3,6	0,1	0,124
Cabra	93,8	5,2	4,3	6,0	0,200
Ovelha	108,6	5,5	5,6	7,0	0,207
Mulher	66,3	6,8	1,5	3,6	0,034

Fonte: SÓ NUTRIÇÃO (2014)

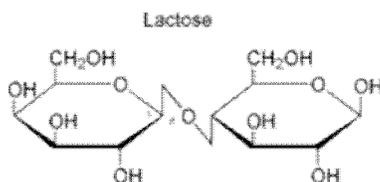
1.2.1 Lactose

Segundo Ordóñez (2005, p. 15) “[...] a lactose é o único glicídeo livre que existe em quantidades importantes em todos os leites. Encontra-se entre 45 e 50 g/L.”

E de acordo com Koblitz (2008, p. 151) “[...] a lactose, o principal carboidrato presente em todos os tipos de leite, é também o componente mais abundante e mais constante em proporção.”

A lactose é um dissacarídeo formado por uma D-glicose e uma D-galactose que são unidas por uma ligação β -1,4-glicosídica.

A figura 1 mostra a estrutura da lactose.



Fonte: MATAR e MAZO 2010

No leite em pó e no soro do leite a lactose encontra-se no estado amorfo; é uma forma estável desde que não haja mais de 8% de água, pois neste caso as moléculas apresentam mobilidade suficiente para orientar-se e pode cristalizar; essa forma de lactose aparece quando se produz desidratação brusca e aumento tão rápido da viscosidade que impede a cristalização; nesse caso, a lactose fica da mesma forma que estava na dissolução. (ORDÓÑEZ, 2005, p. 15)

1.2.2 Lipídeos

Outro componente do leite são os lipídeos, a gordura presente no leite, e segundo Koblitz (2008, p. 154) “[...] encontra-se como glóbulos protegidos por uma membrana proteica, que evita sua coalescência e os ataques enzimáticos.”

A gordura encontra-se dispersa no leite em forma de glóbulos esféricos visíveis ao microscópio, com diâmetro $1,5 \mu\text{m} \leq \varnothing \leq 10 \mu\text{m}$, dependendo da espécie e das raças dos animais. (ORDÓÑEZ, 2005, p. 19).

Segundo Koblitz (2008, p. 154), a gordura presente no leite tem origem nas vesículas do retículo endoplasmático das células do epitélio mamário, se unindo e sendo envolta por uma membrana que atua como barreira protetora que impede que os glóbulos de gordura floculem, se fundam ou sofram ação enzimática.

1.2.3 Proteínas

O leite possui substâncias nitrogenadas, que são as proteínas. De acordo com Koblitz (2008, p. 157) o teor de nitrogênio do leite é distribuído entre caseína (76%), proteínas do soro (18%) e nitrogênio não proteico (6%).

Essas substâncias são as mais importantes do leite, tanto qualitativa, quanto quantitativa, pois são indispensáveis para a construção dos tecidos, propriedades biológicas enzimáticas, propriedades funcionais com aplicação na indústria, e para a nutrição dos animais e do homem, fornece também os aminoácidos necessários aos mamíferos.

1.2.3.1 Caseína

No leite, as caseínas encontram-se sob a forma de dispersão coloidal, formando partículas de tamanho variável. Essas partículas que dispersam à luz e que, portanto, conferem ao leite sua cor branca característica, recebendo o nome de micelas. (ORDÓÑES, 2005, p. 30).

Segundo Koblitz (2011, p. 159) “[...] cerca de 95% das caseínas formam partículas coloidais conhecidas como micelas de caseína e os 5% restantes encontram-se molecularmente dispersos no leite.”

As micelas da caseína são estáveis com a ação da temperatura (permite que o leite possa ser pasteurizado), da compactação (permite que o leite passe por ultracentrifugação, sedimentando as micelas, e depois ressuspendê-las novamente), na homogeneização (não destrói as micelas na agitação) e em grandes concentrações de cálcio.

Porém, as micelas de caseína não são estáveis em pH abaixo de 4,5, e, são coaguladas pela ação de proteases (princípio da produção de queijo), no congelamento por diminuir a quantidade de soluto fazendo com que as micelas reajam com o cálcio, e na ação do etanol.

As características da caseína e do soro do leite se diferenciam segundo Koblitz (2011) em diversos pontos:

- ☞ Solubilidade – As proteínas do soro são solúveis em pH 4,6, e as caseínas não são solúveis, e, devido a essa solubilidade, pode-se fabricar queijo e iogurte, pois é possível separar as duas espécies;
- ☞ Enzimas – A caseína coagula na presença de proteases e formam gel, que é o princípio da produção de queijo, e as proteínas do soro do leite são instáveis às enzimas;
- ☞ Calor – As proteínas do soro do leite se desnaturam na presença de calor, que é o processo básico para a produção de queijo ricota, e a caseína não

sofre alteração com a ação do calor, isso permite que o leite não se gelifique com a esterilização.

1.2.3.2 Soro de leite

O soro do leite é produzido a partir do coágulo do leite para a produção de queijo, e consiste em quase 90% do volume total do leite.

O soro contém proteínas solúveis, lactose, vitaminas, minerais, quantidades variáveis de ácido láctico e nitrogênio e é muito usado na indústria por essas propriedades.

O soro possui acidez alta, tornando-o muito perecível causando problemas ambientais sérios devido a alta porcentagem de matéria orgânica.

Porém, existem outras opções para dar destino ao soro, que é a produção de manteigas e bebidas lácteas, fazendo com que somente o soro excedente seja destinado ao tratamento de efluentes.

2 DESENVOLVIMENTO

A produção de queijos atualmente vem se desenvolvendo com o passar dos anos, e com o avanço da tecnologia, fica cada vez mais fácil e rápido se produzir queijos.

Porém com a produção de queijos vem o subproduto soro do leite, que é um derivado que não é totalmente utilizado e causa grande impacto quando lançado no meio ambiente.

O presente trabalho tem a finalidade de apresentar o processo Foto-Fenton como alternativa para auxiliar o tratamento do efluente de indústrias de laticínio

2.1 PRODUÇÃO DE QUEIJOS

Conforme Behmer (1980) o processo de produção de queijo passa por diversas etapas, desde a coleta do leite até a embalagem como descritos a seguir:

- ① Coleta do leite – O caminhão que coleta o leite em fazendas distantes do laticínio deve ter um tanque com proteção térmica para que o leite que é coletado em torno de 5 °C não ultrapasse os 9 °C na descarga do próprio no laticínio;
- ② Armazenamento do leite – O leite deve ser armazenado em tanques refrigerados até 5 °C e com agitadores para manter as propriedades do leite e não deixar o mesmo coagular;
- ③ Pasteurização – O leite passa por um processo térmico para a eliminação de grande quantidade de bactérias, nesse processo o leite é esquentado a 65 °C por 3 segundos e em seguida resfriado a 15 °C;
- ④ Tanques de produção – O leite pasteurizado cai nos tanques de produção onde ocorrerá o processo de coagulação do leite para produção de queijos;
- ⑤ Embaladora – O queijo é embalado a vácuo para protegê-lo da ação de micro-organismos presentes no ar;
- ⑥ Câmara de refrigeração – O queijo embalado fica estocado em câmaras de refrigeração em temperatura entre -2 à -4 °C.

A produção de queijos se dá a partir da coagulação do leite por enzimas.

Para produzir queijos, o leite recepcionado fica estocado em um tanque refrigerado e com agitação contínua de material estéril, sendo em muitos casos de aço inoxidável, e é

transportado por tubulações, também em aço inoxidável, para o pasteurizador. No pasteurizador o leite é passado por um tratamento térmico, elevando-se a temperatura até 65 °C por três segundos e, em seguida, resfriando-o a 15 °C. Esse processo de pasteurização é necessário para eliminar as bactérias presentes no leite.

A pasteurização não é recurso industrial para a renovação ou regeneração de um mal produto; ela nada mais é que o aquecimento do leite à temperatura determinada, durante determinado tempo, com o objetivo de destruir a maioria dos contaminantes patogênicos nele existente.

De acordo com Behmer (1980, p. 132) "[...] a temperatura não pode ultrapassar aos 65 °C, pois, se tal fato acontecer, haverá modificações na coagulabilidade do leite, resultando um produto inferior, defeituoso".

Segundo Behmer (1980, p. 133) para obter a massa do queijo procede-se a coagulação do leite, com o auxílio do coalho, que tem a função de precipitar a caseína.

Em seguida, o leite é despejado em um tanque que servirá para coalhar o conteúdo, nesse tanque o leite é aquecido à 35 °C para que as enzimas tenham um melhor rendimento. Com o leite aquecido, é adicionado o coalho, esse processo é dividido em duas fases, a coalhada ácida, que em muitos casos é adicionado o soro de leite ou o ácido láctico e a coalhada enzimática. Adiciona-se o coalho ao leite, agitando-se energicamente, deixando-se a mistura em repouso, depois de certo tempo nota-se a formação de um precipitado viscoso.

Logo após a adição dos coalhos, o leite passa por um período de descanso, onde as enzimas agirão desestabilizando da solução coloidal de caseína que origina-se a aglomeração das micelas livres e a formação de um gel em que ficam presos com o restante dos componentes do leite.

O coalho é cortado e triturado para haver a separação do queijo e do soro do leite, o queijo triturado decanta e o sobrenadante, que é o soro do leite, tem que ficar em contato com o queijo para dar o ponto na massa do queijo.

Segundo Behmer (1980) a operação de ruptura da coalhada consiste em dividir a coalhada em pequenas partes, a fim de facilitar a sua dessoragem.

Após o ponto do queijo, o produto passa por um processo chamado de filagem, o qual irá retirar o ar e homogeneizar a massa para deixá-la lisa e com a textura para dar o formato que se desejar ao queijo.

2.2 DEPENDÊNCIAS E HIGIENE

De acordo com Behmer (1980, p. 133) as dependências da fábrica precisam ser amplas e ventiladas. O prédio deve ser isolado e destinado exclusivamente à exploração de laticínios. Ficar situado em lugar seco e onde haja abundância de água, que sejam construídos de tijolo, em lugar alto, distante 100 m, no mínimo, de cocheiras, esterqueiras, etc.

As dependências deverão ser bem arejadas, com telas de arame em todas as portas e janelas, para evitar moscas, e razoavelmente amplas, de acordo com o volume de produção.

Para Behmer (1980) as dependências deverão conter:

- a) Sala de recepção, que é destinada a receber a matéria prima;
- b) Sala de fabricação, onde será fabricado o queijo e seus derivados;
- c) Sala de vapor, onde será instalado a caldeira para geração de vapor para o pasteurizador e esterilização dos equipamentos;
- d) Sala de salga, onde será terminada a salga do queijo;
- e) Sala de maturação ou cava, onde o queijo descansa por alguns dias para deixá-lo com mais sabor e com melhor consistência;
- f) Sala de vasilhame, onde o queijo é embalado para venda;
- g) Câmaras frias, onde o queijo e seus derivados serão estocados para evitar deterioração;

Na fabricação de queijos, os cuidados com a higiene são muito importantes. Segundo Behmer (1980) em toda a indústria de laticínios, a limpeza é a base do sucesso. Mas na fabricação de queijo, o segredo do êxito reside exatamente na higiene.

2.3 SORO DE LEITE NO PROCESSO

Com o soro do leite que foi gerado desse processo de fabricação de queijos (em torno de 80% do volume), é produzido diversos subprodutos como as bebidas lácteas, a manteiga, a ricota, o creme de leite, o requeijão, o creme de ricota e é usado em diversas indústrias alimentícias. Porém, a produção de soro de leite é muito grande e esse soro excedente vai parar no tratamento de efluentes.

Uma outra alternativa para destinação do soro de leite é para a alimentação animal, em muitos casos para suínos. Mas quando o soro de leite excedente tem que ser manejado para o tratamento de efluentes, torna-se um sério problema.

O soro de queijo é considerado um dos grandes poluentes da indústria de laticínios, rico em lactose, gorduras e proteínas. Atualmente é pouco aproveitado para fins alimentícios, sendo que os grandes volumes desperdiçados, através de tratamentos de efluentes, enviados para nutrição de suínos, ou direcionados a mananciais de água, contaminando drasticamente corpos receptores e gerando problemas ambientais como alta demanda bioquímica de oxigênio. (SERPA; PRIAMO; REGINATTO, 2009, p. 1).

3 TRATAMENTOS DE EFLUENTES DA INDÚSTRIA DO LEITE

Os efluentes são líquidos gerados pela população, por meio da higiene (efluente residencial sanitário), e por meio da indústria (efluente industrial). Os dois tipos devem ser tratados e destinados corretamente para evitar a poluição dos rios.

Os efluentes lançados nos rios diminuem a quantidade de oxigênio dissolvido, fazendo com que os seres vivos presentes morram por falta de oxigênio. Segundo Rondina (2004) o teor de oxigênio dissolvido na água, é condição fundamental à presença dos seres vivos em seu interior.

Segundo Rondina (2004), ao lançar um efluente em um rio sem o tratamento adequado têm-se os seguintes fenômenos:

- ☉① Zona de degradação - onde o efluente é lançado, neste local a água apresenta-se turva e escura onde o oxigênio dissolvido cai rapidamente;
- ∞① Zona de decomposição ativa - situa-se logo abaixo da zona de degradação, e possui os níveis de oxigênio dissolvido mais baixos, limitando assim a vida dos seres vivos nestes locais;
- ℳ① Zona de recuperação - corresponde ao aumento de oxigênio dissolvido, por meios naturais, onde o oxigênio atmosférico começa a se agregar a água, causando a reaeração do leito do rio;
- ⚡① Zona de água limpa - ocorre quando o fenômeno de reaeração está completo, e a carga orgânica despejada pelo efluente sem tratamento está consumida.

Os efluentes devem ser tratados para evitar diversos problemas, como de saúde pública, ecológicos e econômicos.

Conforme Rondina (2004) o tratamento de efluente tem vários processos:

- ☉① Tratamento preliminar - que retira todos os objetos maiores, como galhos e folhas, e não influencia na redução do DBO;
- ∞① Tratamento primário - onde são removidos parcialmente os sólidos em suspensão, onde se remove cerca de 30% do DBO por meio de decantadores primário;
- ℳ① Tratamento secundário - consiste no tratamento biológico por ação de micro-organismos, e efetua-se a estabilização da matéria orgânica, esse

processo reduz cerca de 90% do DBO e consiste em lagoas anaeróbicas e aeróbicas, dependendo do tipo de tratamento;

☞ ① Tratamento terciário - é o tratamento específico que depende do tipo de efluente e a característica que será necessária ao efluente, nesse processo a remoção do DBO fica próxima de 100%, e constitui em desinfecção, coagulação e floculação do efluente para a purificação completa do efluente.

O soro de leite possui uma demanda bioquímica de oxigênio (DBO) de 30 a 50 g/L e uma demanda química de oxigênio (DQO) de 50 a 80 g/L.

A demanda bioquímica de oxigênio, é a quantidade de oxigênio necessária para estabilizar a matéria orgânica. A DBO é usada para estimar a carga orgânica dos efluentes e com esse valor é possível identificar a necessidade de aeração (oxigenação) para degradar essa matéria orgânica no tratamento de efluentes.

Segundo Alves (2012) a DBO é a unidade de medida que avalia a quantidade de oxigênio dissolvido (OD) em miligramas (mg), equivalente à quantidade que será consumida pelos organismos aeróbicos ao degradarem a matéria orgânica.

A demanda química de oxigênio é a quantidade de oxigênio necessária para oxidação da matéria orgânica de uma amostra por meio de um agente químico, como o dicromato de potássio. Os valores da DQO normalmente são maiores que os da DBO, sendo o teste realizado num prazo menor. O aumento da concentração de DQO num corpo d'água deve-se principalmente a despejos de origem industrial. (COMPANHIA DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL, 2009).

Um dos meios de tratamento dos efluentes, é pelo método tradicional, que consiste em um método físico-químico de separação de gordura e um tratamento aeróbico com lodo ativado para redução de carga orgânica.

Neste método, o efluente entra no sistema, e é adicionado coagulantes e floculantes para remoção de gorduras e impurezas, o resíduo sólido gerado é removido e pode ser utilizado como adubo em compostagem. A água vai para um tanque onde existe lodo ativado e oxigênio, que irá degradar a lactose, e as proteínas do soro de leite e fosfato diminuindo assim a DBO e a DQO.

O líquido resultante, vai para um decantador, a água limpa sai pela parte superior do decantador, e o lodo ativado retorna a à lagoa de aeração.

Esse sistema é muito utilizado por laticínios de pequeno e médio porte, que tem uma produção diária de aproximadamente até 10.000 litros de leite, por ser barato e ter uma

remoção de aproximadamente 80% de DBO e DQO, enquadrando—se assim ao Art. 18 do Decreto n.º 8.468 (SÃO PAULO (ESTADO), 1976) que aprova o regulamento da Lei n.º 997, de 31 de maio de 1976, que dispõe sobre a prevenção e o controle da poluição do meio ambiente e diz que:

Art. 18 — Os efluentes de qualquer fonte poluidora somente poderão ser lançados, direta ou indiretamente, nas coleções de água, desde que obedeçam às seguintes condições:

- I — pH entre 5,0 (cinco inteiros), e 9,0 (nove inteiros);
- II — temperatura inferior a 40 °C (quarenta graus Celsius);
- III — materiais sedimentáveis até 1,0 ml/mL (um mililitro por litro) em teste de uma hora em "cone imhoff";
- IV — substâncias solúveis em hexana até 100 mg/l L (cem miligramas por litro);
- V — DBO 5 dias, 20 °C no máximo de 60 mg/l L (sessenta miligramas por litro).

Este limite somente poderá ser ultrapassado no caso de efluente de sistema de tratamento de águas residuárias que reduza a carga poluidora em termos de DBO 5 dias, 20 °C do despejo em no mínimo 80% (oitenta por cento);

VI — concentrações máximas dos seguintes parâmetros:

- a) Arsênio — 0,2 mg/L (dois décimos de miligrama por litro);
- b) Bário — 5,0 mg/L (cinco miligramas por litro);
- c) Boro — 5,0 mg/L (cinco miligramas por litro);
- d) Cádmio — 0,2 mg/L (dois décimos de miligrama por litro);
- e) Chumbo — 0,5 mg/L (cinco décimos de miligrama por litro);
- f) Cianeto — 0,2 mg/L; (dois décimos de miligrama por litro);
- g) Cobre — 1,0 mg/L (um miligrama por litro);
- h) Cromo hexavalente — 0,1 mg/L (um décimo de miligrama por litro);
- i) Cromo total — 5,0 mg/L (cinco miligramas por litro);
- j) Estanho — 4,0 mg/L (quatro miligramas por litro);
- k) Fenol — 0,5 mg/L (cinco décimos de miligrama por litro);
- l) Ferro Solúvel — (Fe^{2+}) — 15,0 mg/L (quinze miligramas por litro)
- m) Fluoretos — 10,0 mg/L (dez miligramas por litro);
- n) Manganês solúvel — (Mn^{2+}) — 1,0 mg/L (um miligrama por litro);
- o) Mercúrio — (0,01 mg/L (um centésimo de miligrama por litro);
- p) Níquel — 2,0 mg/L (dois miligramas por litro);
- q) Prata — 0,02 mg/L (dois centésimos de miligrama por litro);
- r) Selênio — 0,02 mg/L (dois centésimos de miligrama por litro);
- s) Zinco — 5,0 mg/L (cinco miligramas por litro).

VII — outras substâncias, potencialmente prejudiciais, em concentrações máximas a serem fixadas, para cada caso, a critério da CETESB;

VIII — regime de lançamento com vazão máxima de até 1,5 (um vírgula cinco) vezes a vazão média diária.

§ 1º — Além de obedecerem aos limites deste artigo, os efluentes não poderão conferir ao corpo receptor características em desacordo com o enquadramento do mesmo, na Classificação das Águas.

§ 2º — Na hipótese de fonte de poluição geradora de diferentes despejos ou emissões individualizados, os limites constantes desta regulamentação aplicar—se—ão a cada um destes, ou ao conjunto após a mistura, a critério da CETESB.

§ 3º — Em caso de efluente com mais de uma substância potencialmente prejudicial, a CETESB poderá reduzir os respectivos limites individuais, na proporção do número de substâncias presentes.

§ 4º — Resguardados os padrões de qualidade do corpo receptor, a CETESB poderá autorizar o lançamento com base em estudos de impacto ambiental, realizada pela entidade responsável pela emissão, fixando o tipo de tratamento e as condições desse lançamento. (SÃO PAULO (ESTADO), 1976).

4 PROCESSOS OXIDATIVOS AVANÇADOS

A utilização de oxidantes fortes para tratamento e desinfecção de água é antiga. O primeiro trabalho utilizando ozônio como desinfectante foi feito por De Meritens em 1886. Entretanto, somente em 1973, durante o Simpósio Internacional em Ozônio para Tratamento de Águas e Efluentes, foi usada a terminologia “Tecnologias de Oxidação Avançada” (TEIXEIRA e JARDIM, 2004, p.14).

Os processos oxidativos avançados são assim denominados pelo fato de terem a característica de mineralizarem os compostos orgânicos, ou seja, esses processos degradam os poluentes ao invés de apenas transferi-los de uma fase para outra. São baseados na produção de poderosos agentes oxidantes, geralmente na forma radicalar, como principalmente o radical hidroxila (HO^\bullet) que possui potencial de oxidação menor apenas que o Flúor, tendo a hidroxila, portanto, um potencial de 2.8V e o flúor, 3.03V (TEIXEIRA e JARDIM, 2004, p.16).

A hidroxila tem tempo de vida dependente do meio reacional, porém tem baixa seletividade, ou seja, degradam vários tipos de compostos, independentemente da presença de outros que poderiam interferir em qualquer outro tipo de reação. Além disso, esse radical gera reações em cadeia (OPPENLÄNDER, 2003, apud ALVARENGA, 2009, p.46).

Outra vantagem dos processos oxidativos avançados é que a degradação pode ser aplicada tanto numa fase líquida, quanto numa gasosa e até mesmo em compostos adsorvidos em sólidos. (TEIXEIRA e JARDIM, 2004, p.16 e ALVARENGA, 2009, p.46). Existem vários tipos de processos oxidativos avançados que se diferenciam, conforme apresenta Alvarenga (2009), pelo tipo do oxidante empregado e pelo tipo de ativação, dessa forma, podem ser divididos em dois tipos de processo: processos homogêneos e os heterogêneos que, pela descrição de Teixeira e Jardim (2004), são os que não possuem catalisadores sólidos e os que possuem esse composto sólido, respectivamente, sendo que este composto sólido é um semicondutor.

Além disso, o processo pode contar com a presença ou não de radiação. A tabela 2 mostra as diferenças entre os métodos dos processos, apontando, portanto, o tipo do oxidante e a forma de catálise da reação, bem como a presença de radiação.

	Com radiação	Sem radiação
Sistemas Homogêneos	O ₃ / UV	O ₃ / H ₂ O ₂ O ₃ / OH ⁻
	H ₂ O ₂ / UV	
	Feixe de elétrons	
	US	
	H ₂ O ₂ / US	
	UV/ US	
	Com radiação	Sem radiação
Sistemas Heterogêneos	TiO ₂ / O ₂ / UV	H ₂ O ₂ / Fe ²⁺ (Fenton) Eletro-Fenton
	TiO ₂ / H ₂ O ₂ / UV	
	H ₂ O ₂ / Fe ²⁺ / UV (Foto-Fenton)	

Tabela 2 - Diferentes sistemas de processos oxidativos avançados

5 PROCESSO FOTO-FENTON

Os Processos Oxidativos Avançados (POA) têm atraído grande interesse tanto da comunidade científica como industrial. São definidos como os processos baseados na formação de radical hidroxila ([•]OH), altamente oxidante. Devido ao seu alto potencial padrão de redução, este radical é capaz de oxidar uma ampla variedade de compostos orgânicos a CO₂, H₂O e íons inorgânicos provenientes de heteroátomos. (QUEIROZ et al., 2007).

Conforme Martins et al. (2006), no processo Fenton, o íon Fe²⁺ inicia e catalisa a decomposição do peróxido de hidrogênio (H₂O₂), resultando na geração de radicais HO[•]. Esses radicais são capazes de rapidamente atacar substratos orgânicos (RH), causando a sua decomposição química por abstração de H e adição em ligações insaturadas C-C. O processo de Fenton.

Segundo Martins et al. (2006) ocorre da pela reações de 1 à 7.





Segundo Martins et. al. (2006), a oxidação de compostos orgânicos sob irradiação UV na presença de íons férrico (Fe^{3+}) em meio ácido foi verificada na década de 1950, quando foi postulado que a transferência eletrônica iniciada pela irradiação ($h\nu$) resultava na geração de $^{\circ}\text{OH}$, responsáveis pelas reações de oxidação.

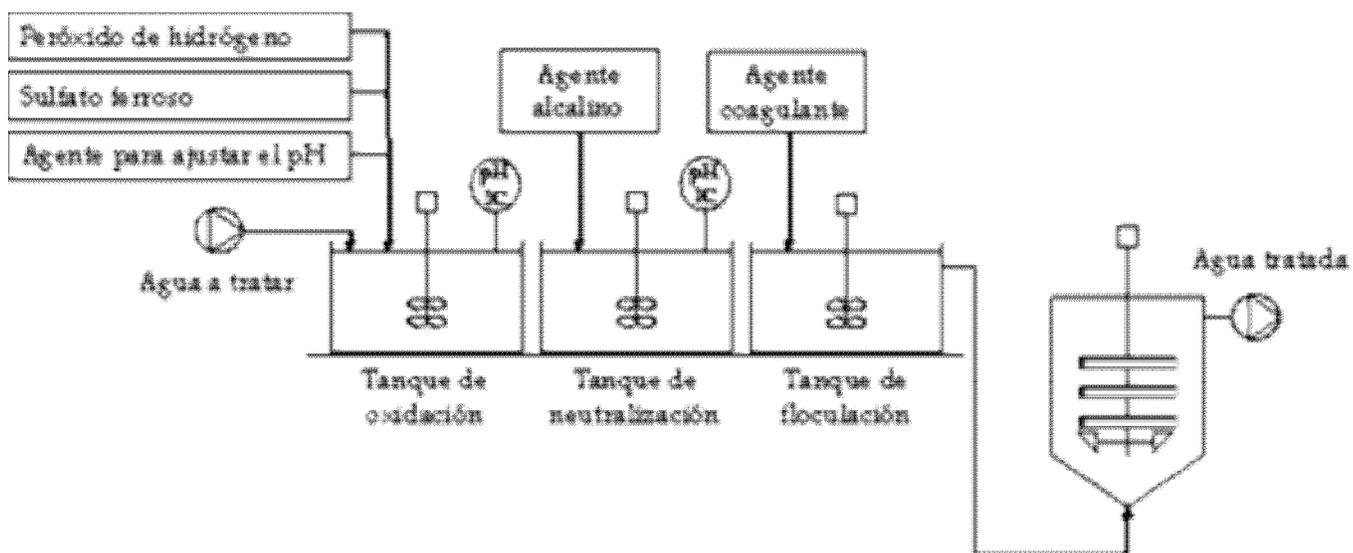
No processo de Foto-Fenton, é utilizado os raios raios-UV para potencializar a reação como descreve as reações de 8 à 11.





Esse processo de tratamento de efluentes por Foto-Fenton é muito eficaz e de baixo custo, por esses motivos ele pode ser utilizado como um auxílio no tratamento de soro de leite, pois irá degradar uma grande quantidade de matéria orgânica que os métodos de tradicionais de lagoas de aeração não são capazes de degradar.

A figura 2 mostra como funciona o processo de Foto-Fento.



6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O soro do leite é um problema real na produção de queijos, pois sua quantidade gerada é muito elevada, e sua utilização em novos produtos, em muitos casos não consome o volume total gerado, fazendo-se necessário seu lançamento em estações de tratamento de efluentes. E devido ao seu alto nível de DBO e DQO não é um produto de fácil tratamento, e, em muitos casos, o processo convencional por lagoas de aeração não são suficientes para reduzir o nível de carga orgânica e aumentar a concentração de o oxigênio dissolvido e, bem como fazer com que o efluente lançado após o tratamento venha a apresentar as características físico-químicas que a legislação exige.

Por esse motivo, em muitos casos é preciso utilizar outro método como auxílio para obter uma maior redução de DBO e DQO e o aumento de oxigênio dissolvido.

Nesse caso foi relacionado o sistema de tratamento pelo método Foto-Fenton, por ser considerado de baixo custo e fácil utilização, podendo aumentar a capacidade dos sistemas de tratamento de efluente convencionais e torna-los, assim, uma proposta viável e de elevada eficiência.

REFERÊNCIAS

ALVARENGA, R. N. **Tratamento de efluente têxtil através de processos redox e separação de membranas combinados**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Química) – Escola de Engenharia de Lorena, Universidade de São Paulo, Lorena, São Paulo, 2009, p.142.

ALVES, L. Demanda Bioquímica de Oxigênio. **Brasil Escola**, 2012. Disponível em: <<http://www.brasilecola.com/quimica/demanda--bioquimica--oxigenio.htm>>. Acesso em: 18 set. 2014.

BEHMER, M. L. A. **Tecnologia do leite**: leite, queijo, manteiga, caseína, sorvetes e instalações. 10. ed. São Paulo: Livraria Nobel, 1980.

COMPANHIA DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL. Demanda Química de Oxigênio. **CETESB**, 2009. Disponível em: <http://www.cetesb.sp.gov.br/userfiles/file/agua/aguas-superficiais/aguas-interiores/variaveis/aguas/variaveis_quimicas/demanda_quimica_de_oxigenio.pdf>. Acesso em: 30 set. 2014.

FUENTES, M. Planeta Queijo. **Super Interessante**, São Paulo, n. 277, dez. 2009. Disponível em: <<http://super.abril.com.br/cultura/planeta-queijo-626355.shtml>>. Acesso em: 19 ago. 2014.

KOBLITZ, M. **Bioquímica de Alimentos**: teoria e aplicações práticas. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2008.

LEWINSKI, I. W. Qual a diferença entre os leites dos tipos A, B e C?. **Nutri Total**, 2011. Disponível em: <<http://www.nutritotal.com.br/perguntas/?acao=bu&categoria=1&id=548>>. Acesso em: 20 ago. 2014.

MARTINS, L. M. et al. Aplicação de Fenton, foto-Fenton e UV/H₂O₂ no tratamento de efluente têxtil sintético contendo o corante Preto Biozol UC, 2011. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, Rio de Janeiro, v. 16, n. 3 p. 261-270, jul./set. 2011. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/esa/v16n3/v16n3a09.pdf>> Acesso em: 03 out. 2014.

MATAR, R.; MAZO, D. F. de C. Intolerância à Lactose: Mudança de Paradigmática com a Biologia Molecular. Universidade de São Paulo, 2010. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/ramb/v56n2/a25v56n2.pdf>>. Acesso em 08 dez. 2014.

MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PACUÁRIA E ABASTECIMENTO. Instrução Normativa 51 de 2011. MAPA, 2011. Disponível em: <<http://sistemasweb.agricultura.gov.br/sislegis/action/detalhaAto.do?method=visualizarAtoPortalMapa&chave=1505617819>>. Acesso em 08 dez. 2014.

ORDONEZ J. A. P. **Tecnologia de Alimentos**: alimentos de Origem Animal, Porto Alegre: Artmed, 2005. v. 2.

QUEIROZ, M. T. B. et al. Uso da Energia Solar na Descontaminação de Efluentes Industriais. **Química Nova**, São Paulo, v. 30, n. 2, p. 400-408, mar./abr. 2007. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/qn/v30n2/29.pdf>>. Acesso em: 03 out. 2014.

RONDINA, C. L. **Tratamento de Efluentes:** Processo Biológico. 2004. 221 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharel em Química) – Universidade Sagrado Coração, Bauru, 2004.

SÃO PAULO (Estado). Decreto nº 8.468, de 08 de setembro de 1976. Aprova o Regulamento que dispõe sobre a prevenção e o controle da poluição do meio ambiente. **Casa Civil**, Brasília, DF, 6 set. 1976. Disponível em: <<http://www.cetesb.sp.gov.br/Institucional/documentos/Dec8468.pdf>>. Acesso em: 10 out. 2014.

SERPA, L.; PRIAMO, W. L.; REGINATTO, V. Destino Ambientalmente Correto a Rejeitos de Queijaria e Análise de Viabilidade Econômica. In: INTERNATIONAL WORKSHOP ADVANCES IN CLEANER PRODUCTION, 2., São Paulo, 2009. **Anais...** São Paulo: UNIP, 2009. Disponível em: <<http://www.advancesincleanerproduction.net/second/files/sessoes/4b/4/v.%20reginatto%20-%20resumo%20exp%20-%204b-4.pdf>>. Acesso em: 20 ago. 2014.

TEIXEIRA, C. P. de A. B.; JARDIM, W de F. **Processos Oxidativos Avançados:** conceitos teóricos. Caderno Temático, Laboratório de Química Ambiental, Instituto de Química, Universidade Estadual de Campinas, 2004, p.83.