

TRATAMENTO DE EFLUENTES APLICANDO COMBINAÇÕES DE PROCESSOS CONVENCIONAIS E PROCESSOS OXIDATIVOS AVANÇADOS

Michelly Mara Matos Cirino

Graduanda em Engenharia Hídrica pela Universidade Federal de Itajubá (UNIFEI),
Itajubá, MG, Brasil
michelly.matos@yahoo.com.br

Laila Maciel Rocha

Graduanda em Engenharia Hídrica pela Universidade Federal de Itajubá (UNIFEI),
Itajubá, MG, Brasil
lailamaciel49@gmail.com

Milady Renata Apolinário da Silva

Doutora em Química, professora da Universidade Federal de Itajubá (UNIFEI),
Itajubá, MG, Brasil
miladyapolinario@hotmail.com

RESUMO

Os resíduos provenientes das indústrias, esgotos ou redes pluviais, que são lançados no meio ambiente na forma de líquidos ou gases são chamados de efluentes. Cada efluente possui características próprias inerente a sua procedência, podendo conter as mais variadas substâncias de origem química ou orgânica. As indústrias, por exemplo vem gerando grandes quantidades de efluentes, nos quais suas composições variam de acordo com o ramo de atividade exercida. Nesse contexto, a grande quantidade de efluentes gerados e descartados na natureza despertam grandes preocupações e para isso métodos de tratamento vem sendo estudados, uma vez que algumas dificuldades são encontrados quando se aplicam os tratamentos convencionais, como por exemplo a remoção de cor dos efluentes. Dessa forma, o presente trabalho objetivou o estudo da aplicação de processos oxidativos avançados, que se baseiam na geração de radicais hidroxilas, que reagem com moléculas do contaminante degradando-as para o tratamento. O processo oxidativo avançado utilizado foi o foto-Fenton. Esse processo foi aliado a processos convencionais como o tratamento biológico utilizando reatores biológicos anaeróbicos (UASB) e o tratamento fisico-químico que utilizou coagulantes químicos. Os resultados obtidos mostram que a união de processos foi eficiente quando aplicado, para a remoção de DQO de um efluente complexo como o chorume, proveniente de um aterro que recebe resíduos industriais e sanitário.

Palavras-chave: Chorume. Tratamento Biológico, UASB. Foto-Fenton. Coagulação.

**WASTEWATER TREATMENT BY APPLYING CONVENTIONAL PROCESS COMBINATIONS AND
ADVANCED ACTIVE OXIDIZED PROCESSES**

ABSTRACT

Waste from industry, cameras or rainwater that is discharged into the environment in the form of pollution or gases is used as effluent. Each effluent has characteristics that may be inherent to its procedure, and may contain as more variables of chemical or organic origin. As industries, for example, it has been generating large amounts of effluents, which are its main compositions according to the activity performed. In this context, a large number of effluents generated and discarded in the wild arouse great threats and for these treatment methods has been studied, since some difficulties are encountered when using the applications used, such as the use of effluent color. Thus, the present work aims to study applications of advanced oxidative processes, which are based on the generation of hydroxyl radicals, which react with degrading contaminant molecules - as for treatment. The advanced oxidative process used was Fenton. This process was combined with processes such as biological treatment using anaerobic biological reactors (UASB) and physical-chemical treatment using chemical coagulants. The results show that the joining of the processes was efficient when applied for the removal of COD from a complex effluent such as the refinery, proven by a landfill that receives industrial and sanitary waste.

Keywords: Slurry, Biological Treatment, UASB, Photo-Fenton, Coagulation.

1 INTRODUÇÃO

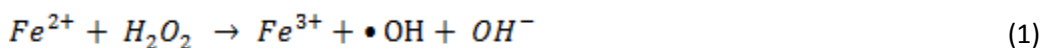
Com o aumento no crescimento populacional, os resíduos gerados apresentam também um constante aumento necessitando assim de um tratamento adequado. Para que diminua as contaminações de rios e solos, diversos tipos de tratamentos vem sendo estudados na tentativa de amenizar a situação (Lo, 1996). Este trabalho visou a união de processos ao tratamento biológico utilizando um reator UASB, sendo este um processo já utilizado em estações de tratamento de esgoto existentes.

Segundo Kunz et. al. (1999), a grande motivação dos estudos de biodegradação é a busca por microrganismos versáteis, capazes de degradar de maneira eficiente um grande número de poluentes a um baixo custo operacional. O funcionamento do reator UASB utilizado baseia-se no esquema ao qual o esgoto afluenta entra no sistema pelo fundo do reator de forma ascendente atravessando lentamente uma camada de lodo que se encontra na zona inferior do reator e passa por um separador de fases enquanto escoar em direção a superfície. O separador de fases é importante para a separação da zona de digestão (zona inferior) e a zona de sedimentação (parte superior).

Sousa et. al. (2000) afirma que em regiões de climas quente, a digestão anaeróbia apresenta-se como solução econômica e confiável para o tratamento de esgotos sanitários, porém este processo resulta em efluente com constituintes residuais, como matéria orgânica, sólidos suspensos, nutrientes (fósforo e nitrogênio) e organismos patogênicos. Desta forma, efluentes advindos de um reator UASB necessitam de um pós-tratamento.

Outro tratamento utilizado foram os Processos Oxidativos Avançados, Sayid Abdulah (2011) afirma que os POAs são conhecidos pela sua capacidade de oxidar quase todo o material reduzido presente nos corpos de água sem restrição a classes específicas ou grupo de compostos. Os Processos Oxidativos Avançados são os processos no qual a sua formação é feita por radical hidroxila ($\bullet\text{OH}$), que é considerado um radical altamente oxidante. Sendo assim, este radical pode degradar vários compostos orgânicos transformando-os em gás carbônico, água e compostos inorgânicos devido ao alto padrão de redução. O processo oxidativo avançado utilizado foi o foto-Fenton.

Processos baseados na reação de Fenton têm sido aplicados com sucesso no tratamento de diversos tipos de efluentes industriais (Villa et. al.; 2007). Este processo se baseia em um radical hidroxila que é o responsável pela oxidação de compostos orgânicos realizada no escuro, conhecida como reação térmica de Fenton. Neste sistema Fenton os íons de Ferro são capazes de decompor peróxido de hidrogênio cataliticamente em água e oxigênio (Nogueira et. al.; 2007) pela Equação 1.



A eficiência dos processos Fenton já é comprovada e amplamente utilizada para tratar efluentes, esta eficiência pode ser aumentada com a utilização de luz obtendo assim um processo com algumas particularidades chamado processo foto-Fenton. Este processo se baseia no fato de que quando complexos de Fe^{3+} são submetidos a luz, isto implica na redução de Fe^{3+} a Fe^{2+} baseado na Equação 02. O Fe^{2+} gerado reage com H_2O_2 dando sequência a reação de Fenton.



Vários estudos relataram que a eficiência de degradação do processo de oxidação é melhorada sob iluminação ultravioleta (UV) quando comparada à reação de Fenton comum (Sayid Abdulah, 2011). Esta melhora se dá devido ao fato de a decomposição do peróxido de hidrogênio ser acelerada sob irradiação. Segundo Liu (2010), a vantagem da oxidação de Fenton e foto-Fenton é que eles são capazes de oxidar e mineralizar alguns tipos de molécula orgânica, produzindo CO_2 e ânions inorgânicos. Porém a mineralização unicamente por este processo se dá de forma muito cara, acarretando em uma desvantagem para o processo se comparado aos custos dos tratamentos biológicos. Desta forma, tendo como finalidade reduzir os custos do processo e manter a eficiência do tratamento, recomenda-se a realização deste processo combinado a um pré-tratamento realizado por um processo biológico.

O trabalho teve como objetivo estudar a união de diferentes processos de tratamento de efluentes, verificando a eficácia dos POAs, processos biológicos e processos físico-químicos e a união destes. A análise para verificar a eficácia dos processos foi a Demanda química de Oxigênio (DQO) antes e após a aplicação dos tratamentos.

2 MATERIAIS E MÉTODOS

Foram realizados quatro tipos de tratamentos visando as melhores combinações que poderiam ser obtidas de degradação sendo elas: tratamento de esgoto pelo reator UASB para ambientação das bactérias presentes na manta de lodo, tratamento de chorume diluído pelo reator UASB, chorume pré tratado pelo método utilizando um polímero natural como coagulante e então diluído e levado ao reator UASB, e chorume pré tratado pelo método foto-Fenton e então diluído e levado ao reator UASB. Todos os métodos foram avaliados a sua eficiência com base na DQO obtida pré e pós tratamento.

2.1 Construção do protótipo de reator anaeróbio

Com o objetivo de analisar o tratamento do efluente através de processos convencionais, foram construídos protótipos de reatores anaeróbios conforme Figura 1. Para a confecção de cada um foram utilizados: 5 garrafas Pet de 600ml; mangueiras de chuveiro para fazer os tubos; controladores de fluxo; cola quente; arame; madeiras para suporte.

Inicialmente cortou-se 3 garrafas de 600ml e encaixou o topo da garrafa na outra parte cortada, formando assim uma base. Para os “decantadores” realizou-se um furo aproximado a base e encaixou-se uma mangueira de chuveiro, que foi conectada em seguida a caixa de gordura. O controlador de fluxo foi inserido na mangueira localizada entre o decantador e a caixa de gordura e sempre utilizando cola quente para vedar as conexões.

Figura 1: Protótipos de reator anaeróbio em funcionamento



Para a confecção da caixa de gordura cortou-se uma das garrafas no formato de uma barca, realizando um furo na base e conectando uma mangueira que levou o efluente para o reator. Para a construção do reator utilizou-se uma das 3 garrafas cortadas citadas, realizando um furo no topo, na parte que foi encaixada na base, e um outro furo embaixo, conectando assim a mangueira que encaminha o efluente até a 4ª garrafa citada que coleta o efluente já tratado. Para suporte do protótipo cortamos dois pedaços de madeira. Cada uma das quatro garrafas pela qual o efluente passava tinha uma capacidade de, aproximadamente, 300 ml.

Para ambientação das bactérias presentes na manta de lodo foi preciso realizar o tratamento inicial de um esgoto. O lodo e o esgoto utilizados no protótipo de reator foram coletados na estação de tratamento de esgoto (ETE) da cidade de Itajubá-MG. Inseriu-se o lodo do esgoto no reator e colocou-se o esgoto para circular no protótipo a fim de ambientar a manta ao efluente e verificar a eficácia da mesma em relação à degradação da matéria orgânica. O esgoto ocupava aproximadamente 20 horas para circular todo o protótipo, onde todos os dias foi necessário a passagem de uma nova amostra para que assim as bactérias do lodo pudessem ser ambientadas para não perder suas propriedades de degradação.

2.2 Tratamento de chorume somente pelo reator UASB

Após o reator ter sido ajustado, ambientado e obtidos os resultados de degradação do esgoto no reator, como tentativa inicial de tratar o chorume apenas pelo método do reator UASB, diluímos este efluente na relação de 1 ml de chorume para 20 ml de água destilada e circulou-se ele no reator UASB com o intuito de visualizar como o efluente se comportaria sendo tratado apenas com tratamento de degradação biológica. O chorume utilizado nessa pesquisa foi coletado no Vale do Paraíba e era um chorume industrial e sanitário.

2.3 Tratamento de chorume pela combinação dos métodos do polímero natural e em seguida reator UASB

Em conformidade com a pesquisa realizada por Vieira, C. D (2019), aluno de iniciação científica da Universidade Federal de Itajubá (UNIFEI), foi realizado um processo de pré-tratamento do chorume. Este chorume foi tratado por um polímero natural extraído de uma cactácea de nome *Cereus Jamacaru*; no qual foi descoberto, extraído e patenteado pelo autor. Deste modo segundo o autor aludido acima, esse polímero é um composto orgânico, de origem essencialmente vegetal e que atua como coagulante e floculante para o tratamento de turbidez e DQO (Demanda Química de Oxigênio) tanto da água de esgoto como de efluente; portanto foi utilizado a técnica adotada pelo autor citado acima, calculando a proporção do composto orgânico como coagulante natural para o tratamento de turbidez e DQO. Para tal, foi adicionado diretamente ao chorume uma proporção de 0,3g do polímero natural em 10,0ml de chorume; para a completa dissolução foi levado ao agitador magnético por 10 minutos, e coletado para as devidas análises.

Após a decantação dos sólidos, o sobrenadante do chorume foi coletado e diluído na proporção de 1 ml de chorume para 20 ml de água destilada para ser aplicado no processo biológico. Passou-se então no protótipo circulando a cada dia uma nova amostra deste efluente para uma eficiente ambientação do reator durante aproximadamente 3 semanas, e então coletado para análises.

2.4 Tratamento de chorume pela combinação dos métodos foto-fenton e em seguida reator uasb

Devido ao fato que ao passar o chorume sem um pré-tratamento não houve degradação da matéria orgânica, verificou-se que havia a necessidade de usar um processo como pré-tratamento para o processo biológico, neste caso o processo utilizado foi o foto-Fenton.

Inicialmente foi medido o pH do chorume e encontrado um valor de pH igual a 8,3, porém ele precisava estar entre 2,5 e 3,0 para realização deste procedimento e, portanto, abaixou-se com ácido sulfúrico até 2,5. Começou-se então a tratar uma amostra de 250 ml de chorume do Vale do Paraíba, adicionando 0,22 g de sulfato ferroso. Foram utilizadas duas lâmpadas germicidas em um protótipo de reator, este que foi ligado e adicionou-se 0,137 ml de peróxido a amostra. O tempo foi então cronometrado. Importante salientar que a reação só se inicia quando adicionamos o peróxido.

A partir deste ponto preparou-se a solução de metavanadato adicionando 1,030 ml desta solução em alguns balões volumétricos de 10 ml cada. As amostras foram coletadas nos tempos determinados e inserimos um a um nos balões volumétricos de forma a ser perceptível visualmente a eficiência do processo ao longo do tempo. Os tempos em que retiramos as amostras foram, respectivamente, 16 min, 25 min, 30 min, 45 min, 60 min, 75 min, 90 min, 100 min e 110 min. Coletou-se esta amostra de chorume e diluiu-se em água destilada na razão de 1 ml de chorume para 20 ml de água destilada para que fosse passado no reator UASB e observado qual a eficiência seria obtida combinando estes processos.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

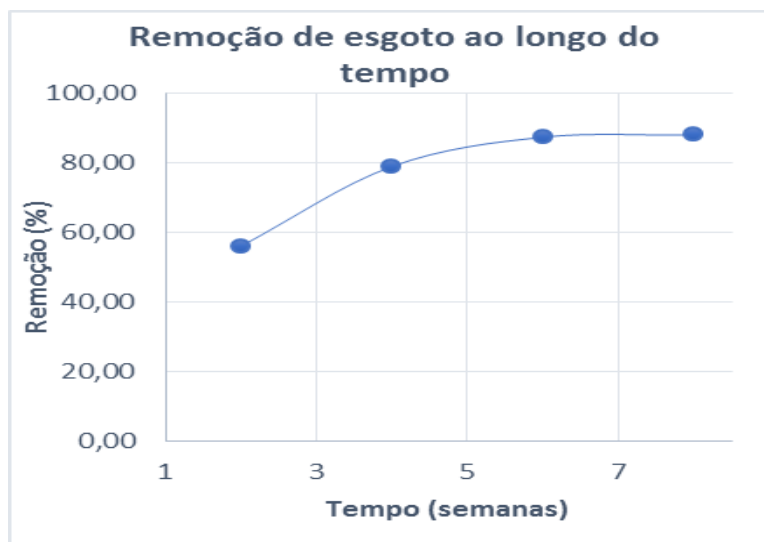
3.1 Resultados obtidos no tratamento do esgoto

Foi utilizado o esgoto coletado para adequar a manta de lodo do reator UASB de forma a ambientar o local onde as bactérias se encontram, visto que para um eficaz funcionamento do reator as bactérias precisam de um tempo para se adaptarem ao tipo de afluente para então a remoção começar a ocorrer.

Neste processo foram utilizadas amostras de esgoto coletadas em épocas diferentes na ETE de Itajubá pois foi necessário um tempo para que o lodo, também coletado na ETE, se adaptasse e chegasse ao nível de remoção de DQO que se desejava. A DQO foi medida várias vezes ao longo de diferentes intervalos de tempo de forma a confirmar o fato de que quanto maior o tempo, há uma remoção maior de matéria orgânica conforme Gráfico 01. Nele estão representadas as porcentagens de remoção de DQO do esgoto durante ambientação da manta de microrganismos utilizada no protótipo de reator.

Após observado uma eficiente remoção de DQO do esgoto, notamos que após 6 semanas foi observado uma remoção de 87% que se manteve nas medidas posteriores indicando que o reator tinha atingido o seu máximo de eficiência em remoção de matéria orgânica biodegradável e que a manta de lodo com as bactérias já estava adaptada ao tipo de efluente e o reator UASB estava com uma remoção de DQO conveniente para prosseguirmos com a pesquisa e inserirmos o chorume no reator.

Gráfico 01: Remoção de DQO do esgoto durante ambientação da manta de microrganismos utilizada no protótipo de reator



3.2 Resultados obtidos no tratamento do chorume somente pelo reator UASB

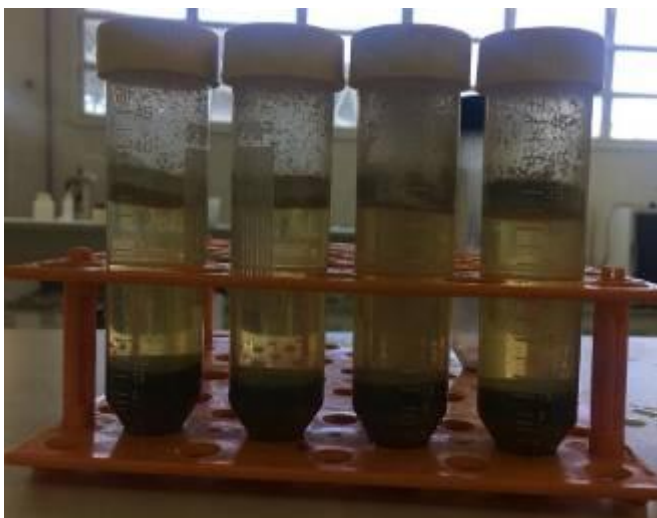
No tratamento do chorume diluído e circulado no reator notou-se que a manta de bactérias contidas no lodo não degradou aquela matéria orgânica, pois embora o chorume

havia sido diluído em água destilada na razão 1:20 ele ainda continha uma quantidade muito grande de matéria orgânica na qual foi fatal para as bactérias.

3.3 Resultados obtidos no tratamento de chorume pela combinação dos métodos do polímero natural e em seguida reator uasb

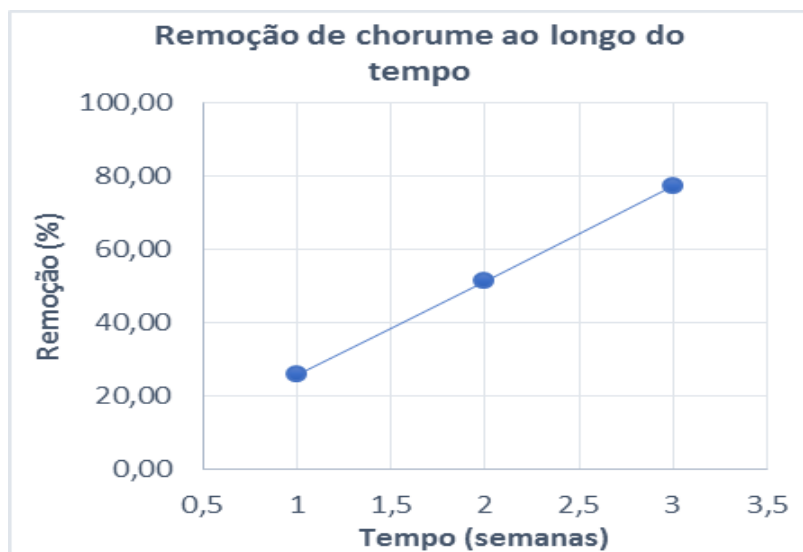
O chorume utilizado foi pré tratado com processo físico-químico, em um procedimento que teve como base a utilização de um polímero natural. Nesse processo houve uma remoção de DQO de 67% em relação à DQO do chorume bruto, dado que a DQO inicial e DQO final no chorume bruto antes e após pré-tratamento com o polímero foi de, respectivamente, 12.760 mg/l e 4.236 mg/l, conforme Figura 2 demonstra a remoção. Neste tratamento foi constatado também uma redução da turbidez de 90%.

Figura 2: Remoção de DQO e turbidez do chorume pelo processo utilizando o polímero natural



Após esta alta eficiência de remoção com o pré-tratamento, o chorume foi diluído na proporção de 1:20 de água destilada e então começou-se a circular o chorume no reator UASB até que obtivesse uma eficiência de remoção de DQO desejada, próxima a 80%. Analisando o Gráfico 02 verifica-se que houve uma remoção de aproximadamente 80% da carga inicial de DQO.

Gráfico 02: Remoção de DQO do chorume

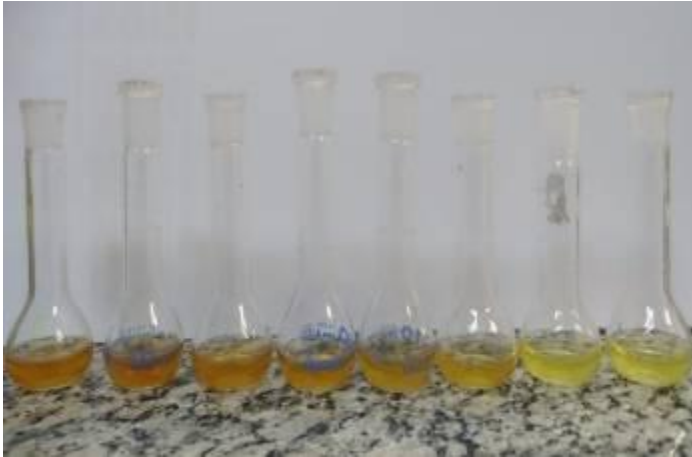


Quando esta remoção foi alcançada foi-se para o próximo passo para tratar o efluente pelo método foto-Fenton.

3.4 Resultados obtidos no tratamento de chorume pela combinação dos métodos foto-fenton e em seguida reator UASB

No tratamento do chorume utilizando o método do foto-Fenton realizado no protótipo deste tipo de reator para que estivesse submetido a uma luz germicida como forma de entrar radiação no sistema, obteve-se o resultado satisfatório de 79% de remoção de DQO em relação à DQO do chorume bruto, dado que a DQO inicial e DQO final no chorume bruto antes e após o pré-tratamento com o foto-Fenton foi de, respectivamente, 12.320 mg/l e 2.580 mg/l. Na Figura 3, é possível visualizar o processo de reação do peróxido de hidrogênio visto que ele se encontra alaranjado nos momentos em que o peróxido está reagindo com o Fe^{3+} transformando-o em Fe^{2+} , e se encontra amarelado quando esta reação acaba. Após este tratamento o odor característico do chorume diminuiu também.

Figura 3: Remoção de peróxido de hidrogênio do chorume pelo processo utilizando o foto-Fenton



Notando-se uma alta remoção de DQO, coletou-se o chorume que foi dissolvido na proporção de 1:20 de água destilada e então começou-se a circular o chorume no reator UASB. Para este tratamento notou-se que a DQO inicial e a DQO final se encontraram em valores iguais a 853 mg/l demonstrando que no reator não foi possível remover nada de matéria orgânica como na Figura 4.

Figura 4: A) Cor do efluente tratado após o Foto-Fenton e B) Cor do efluente tratado após processos Foto-Fenton + reator UASB



Não foi possível o tratamento pelo reator UASB pois as bactérias presentes na manta de lodo do reator não degradaram aquela matéria orgânica, devido ao fato de que embora

este chorume havia sido pré tratado pelo processo foto-Fenton, a proporção de 1:20 adotada foi pequena e precisaria de uma proporção maior de diluição.

4 CONCLUSÕES

Neste trabalho objetivou-se a união de processos oxidativos avançados e convencionais para o tratamento de efluentes. Desta forma, conclui-se que o processo biológico só pode ser utilizado como pós-tratamento devido ao fato que a inserção direta do chorume mesmo diluído no reator biológico não foi eficiente, não possibilitando então o tratamento primário do chorume pelo tratamento biológico.

Na utilização do polímero natural desenvolvido pelo grupo como coagulante combinado ao processo biológico anaeróbico (reator UASB), obteve-se uma eficiência de remoção de DQO e turbidez bastante relevante sendo uma alternativa viável e de custo relativamente baixo.

Na combinação dos processos foto-Fenton como pré-tratamento para o reator UASB não se deu de forma eficiente a remoção de DQO devido ao fato de que havia carga orgânica em excesso embora pré tratado por foto-Fenton, porém a proporção adotada de 1:20 deveria ter sido diluída em uma proporção maior de água.

A melhor sequência de tratamento então obtida neste projeto foi a combinação dos processos do polímero como pré-tratamento para o reator UASB.

5 AGRADECIMENTOS

Ao CNPQ pela bolsa concedida à discente Laila Maciel Rocha.

REFERÊNCIAS

ABDULAH, S. S.; HASSAN, M. A.; NOOR, Z. Z.; ARIS, A. **Optimization of photo-Fenton oxidation of sulfidic spent caustic by using response surface methodology**. In national postgraduate conference, p. 1-7, 2011, IEEE.

KUNZ, A.; FREIRE, R. S.; ROHWEDDER, J. J. R.; DURÁN, N.; MANSILLA, H.; RODRIGUEZ, J.; Novas tendências no tratamento de efluentes têxteis. **Quim. Nova** 1999, 22, 425.

LIU, Q.; LU, X.; LIU, J. **UV-Fenton Preoxidation for Phenolic Wastewater Biodegradability Enhancement**. *2010 International Conference on E-Product E-Service and E-Entertainment*, Henan, p. 1-4, 2010.

LO, I. M. **Characteristics and Treatment of Leachates From Domestic Landfills**. *Environment International*. v. 22 n. 4, p. 433 – 442, 1996.

NOGUEIRA R. F. P.; TROVÓ A. G.; SILVA M. R. A.; VILLA R. D.; OLIVEIRA M. C. O. Fundamentos e aplicações ambientais dos processos Fenton e foto-Fenton. **Revista Química Nova**, v. 30, n. 2, p.400-408, 2007.

SOUSA, J. T.; VAN-HAANDEL, A. C.; COSENTINO, P. G. S. e GUIMARÃES, A. V. A. Pós-tratamento de efluente de reator UASB utilizando sistemas wetlands Construídos. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**. Campina Grande, PB, v. 4, n. 1, p.87-91, 2000.

VILLA R. D.; SILVA M. R. A.; NOGUEIRA R. F. P. Potencial de aplicação do processo foto-fento/solar como pré tratamento de efluente da indústria de laticínios. **Revista Química Nova**, São Paulo, v. 30, n. 8, p. 1799-1803, 2007.

Recebido em 25/11/2019.
Aceito em 10/12/2019.