



degussa.



UNISYS

SANTO GORAIN
CANALIZAÇÃO

Operadoras Oficiais

FAGGA
Gerenciamento da
FITABES 2001

Agência de Viagens

Para Instalar o Acrobat Reader, clique 2 vezes sobre o arquivo rponu500.exe. Caso possua uma outra versão do Reader instalada, você deverá removê-la antes de instalar a versão disponível nesse cd. Uma vez instalado, basta clicar 2 vezes sobre o arquivo X:21ABES.pdf (onde X: é a letra do drive de CD-Rom no computador).

www.mvirtual.com.br

MUNDO VIRTUAL

(21) 2613-0861 - Niterói - RJ



21- CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL

FITABES 2001 4ª FEIRA INTERNACIONAL DE TECNOLOGIAS DE SANEAMENTO AMBIENTAL

SANEAMENTO AMBIENTAL:
DESAFIO PARA O SÉCULO 2116 A 21 DE SETEMBRO DE 2001
JOÃO PESSOA - PB

Trabalhos Técnicos

SHS
10/10/01

Trabalhos Técnicos

- TEMA I ABASTECIMENTO/TRATAMENTO DE ÁGUA
- TEMA II ESGOTAMENTO SANITÁRIO E INDUSTRIAL/REÚSO DE EFLUENTES
- TEMA III RESÍDUOS SÓLIDOS
- TEMA IV RECURSOS HÍDRICOS: PLANEJAMENTO/GESTÃO, QUALIDADE E CONTROLE AMBIENTAL
- TEMA V ORGANIZAÇÃO/REGULAÇÃO E INSTITUCIONALIZAÇÃO DO SETOR
- TEMA VI MEIO AMBIENTE: EDUCAÇÃO, GESTÃO, QUALIDADE E CONTROLE AMBIENTAL
- TEMA VII SAÚDE PÚBLICA/CONTROLE DE VETORES
- TEMA VIII RECURSOS HUMANOS/ENSINO E TREINAMENTO
- TEMA IX IRRIGAÇÃO/DRENAGEM URBANA/CONTROLE DA EROSÃO
- TEMA X MATERIAIS/EQUIPAMENTOS E INSTRUMENTAÇÃO
- TEMA XI OUTROS



ABES ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL
Capítulo Nacional da AIDIS



Direção Nacional
Av. Belra Mar, 216 - 13º andar
CEP 20021-060 - Rio de Janeiro - RJ
Tel.: (021) 2210-3221 - Fax: (021) 2262-6838
email: eventos@abes-dn.org.br

Seção Estadual da Paraíba
Av. N.S. de Fátima, 1347 - S. 302 - Torre
Cep: 58.040-380 - João Pessoa - PB
Tel/Fax: (83) 221-9959
e-mail: abes-pb@uol.com.br

www.abes-dn.org.br

Mensagem

A ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL - ABES, com marco de atuação desde 1948, quando era designada Seção Brasileira da Associação Interamericana de Ingeniería Sanitaria y Ambiental AIDIS - entidade que congrega 32 países das Américas -, foi fundada formalmente em 1966. Como ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL - ABES, é uma organização da sociedade civil, que reúne profissionais e empresas do setor e, ao longo dos seus 35 anos de existência, vem cumprindo um importante papel junto ao meio técnico e político, desenvolvendo atividades relacionadas com o saneamento e meio ambiente, sob todas as formas e temas que se apresentam como de interesse coletivo. Como Capítulo Brasileiro da Asociación Interamericana de Ingeniería Sanitaria y Ambiental - AIDIS, a ação da ABES se estende às Américas, dando-lhe assim, um grande peso e repercussão internacional.

Cabe à ABES incentivar a consciência social sobre questões de preservação e conservação do meio ambiente e as ações dirigidas à melhoria da qualidade dos serviços de saneamento ambiental, tendo como consequência estabelecer mecanismos de caráter técnico, social e político com reflexos na saúde e no bem-estar da população.

Com sua sede nacional localizada no Rio de Janeiro, a ABES possui um quadro social com cerca de 12.000 associados vinculados às suas representações em todas as regiões do país e é justamente através das Seções Estaduais, que a entidade desenvolve um amplo trabalho de valorização do setor, por meio de programas de divulgação técnica e científica, destacando-se os congressos brasileiros de engenharia sanitária e ambiental, realizados a cada dois anos.

Os já tradicionais congressos brasileiros, tiveram início, na cidade do Rio de Janeiro, em 1961, e, em sua 21ª edição, está sendo realizado no Estado da Paraíba, na cidade de João Pessoa. Pesquisados invariavelmente a cada dois anos, constituem verdadeiros marcos do saneamento ambiental, propiciando à ABES reunir grande parte do seu quadro social, numa conjugação de esforços para reunir em seu serviço de atividades, aquilo que há de melhor em nível de intercâmbio técnico e científico e de debates sobre a institucionalização de políticas para o setor. Além dos debates políticos, os Congressos facilitam o acesso aos projetos, propostas e programas desenvolvidos, ou em fase de desenvolvimento, em todas as regiões e segmentos afins.

Neste CD ROM, que constitui a memória do 21º CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, encontram-se armazenados a íntegra dos 436 trabalhos técnicos orais brasileiros e estrangeiros, bem como dos 157 trabalhos técnicos apresentados sob a forma de posters, classificados segundo os temas estabelecidos e de acordo com os números e códigos recebidos mediante o processo seletivo.

1227101
130302SYSNO 1227101
PROD 003125



II – 026 – REMOÇÃO DE MATÉRIA ORGÂNICA ESPECÍFICA DE UM SISTEMA DE FLOTOOZONIZAÇÃO COMO PÓS-TRATAMENTO DE REATORES ANAERÓBIOS

G124r

Roberto Franca Gadêlha⁽¹⁾

Engenheiro Civil, pela Universidade Federal da Paraíba – UFPB. Mestre em Hidráulica e Saneamento pela Escola de Engenharia de São Carlos – Universidade de São Paulo – EESC-USP. Consultor da AMBIENTAL – Consultores Associados.

Carlos Eduardo Blundi⁽²⁾

Professor Doutor da Escola de Engenharia de São Carlos – Universidade de São Paulo, Departamento de Hidráulica e Saneamento.

Cilmar Donizette Baságlio

Graduando em Engenharia Civil, bolsista de Iniciação Científica, pelo CNPq, junto ao Departamento de Hidráulica e Saneamento da Escola de Engenharia de São Carlos – Universidade de São Paulo.



Endereço⁽¹⁾: AMBIENTAL Consultores Associados - Rua Joaquim Torre, 215, Bairro da Torre, João Pessoa - PB, CEP: 58.040-210 - Brasil - Tel: +55 (83) 244-2501 - Fax: +55 (83) 244-2501 - e-mail: rfrancagadelha@yahoo.com

RESUMO

O presente estudo abrangeu a investigação da influência da flotação seguida de ozonização na remoção de matéria orgânica específica, proteína, carboidrato e lipídios, como pós - tratamento de um Reator Anaeróbio de Leito Expandido tratando esgoto municipal. Foram realizados ensaios estáticos de flotação, seguido de diferentes dosagens de ozônio para diferentes tempos de contato. Os melhores resultados foram obtidos para os maiores tempos de contato e maior dosagem aplicada, durante a ozonização, com remoções de 68 %, 90 % e 95 % na remoção de proteínas, carboidratos e lipídios respectivamente.

PALAVRAS-CHAVE: Pós-tratamento, anaeróbio, ozônio, flotação, proteína, carboidrato, lipídios.

INTRODUÇÃO

Os principais compostos orgânicos encontrados em águas residuárias são: carboidratos, proteínas, aminoácidos e lipídios. Outros compostos orgânicos como uréia, surfactantes, fenóis, pesticidas, também podem estar presentes, porém em concentrações menores. Os constituintes orgânicos são tanto de origem animal como vegetal e podem resultar de processos de síntese ou de decomposição de outros produtos existentes no meio.

Devido à matéria orgânica ser utilizada pelos microrganismos presentes no esgoto ou na água do corpo receptor, no qual o oxigênio dissolvido é consumido causando sua depleção parcial ou mesmo total, dificultando a sobrevivência para os organismos que dependem do oxigênio para o seu metabolismo e que inclui todos os macroorganismos, foram desenvolvidas vários sistemas de tratamento para reduzir o teor de matéria orgânica nos efluentes, dentre os quais se destaca o processo de digestão anaeróbia.

Ao final da década de 80, os processos anaeróbios de tratamento de águas residuárias encontravam-se suficientemente desenvolvidos, do ponto de vista de engenharia, para permitir seu uso no tratamento de uma variedade muito grande de despejos líquidos, dentre os quais provenientes de: laticínios, cervejarias, abatedouros, frigoríficos, indústrias alimentícias e de bebidas, usinas de açúcar e álcool, entre outros, até mesmo para o tratamento de esgoto sanitário.

Segundo CHERNICHARO (1997), as diversas características favoráveis dos processos anaeróbios, como baixo custo, simplicidade operacional e baixa produção de lodo, aliadas às condições ambientais no Brasil,



onde há predominância de temperatura elevada, têm contribuído para a colocação dos sistemas anaeróbios de tratamento de esgoto em posição de destaque. Segundo o mesmo autor, em que pesem estas grandes vantagens, os reatores anaeróbios têm dificuldade em produzir um efluente que se enquadre nos padrões estabelecidos pela legislação ambiental. Torna-se de grande importância, portanto, o *pós - tratamento* dos efluentes dos reatores anaeróbios, como uma forma de adequar os efluentes tratados aos requisitos da legislação ambiental e propiciar a proteção dos corpos d'água receptores dos lançamentos.

O principal papel do pós - tratamento é o de completar a remoção da matéria orgânica, o de proporcionar a remoção de constituintes poucos afetados no tratamento anaeróbio (nutrientes, como nitrogênio e fósforo, e microrganismos patogênicos), bem como subprodutos do metabolismo. Em nível mundial, não há ainda experiências consistentes referentes a esta tão importante etapa de pós-tratamento. O conhecimento existente é grande quando se analisa cada unidade individualmente, mas não quando se investiga a relação integrada *reatores anaeróbios/pós-tratamento*.

Segundo CAMPOS et al. (1996), apesar de o efluente dos reatores anaeróbios necessitar de pós-tratamento, à combinação anaeróbio - aeróbio ou anaeróbio - físico-químico ainda resulta em concepções mais vantajosas do que aquelas que se fundamentam essencialmente nos processos aeróbios.

Estudos preliminares recentes realizados no Departamento de Hidráulica e Saneamento da Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo (SHS-EESC-USP), empregando o pós-tratamento físico-químico por flotação dos efluentes de reatores anaeróbios apresentam resultados surpreendentemente positivos em relação ao desempenho da associação sequencial de reatores anaeróbios com unidades de flotação por ar dissolvido (CAMPOS et. al. 1996).

A flotação por ar dissolvido (FAD) é um processo que promove a ascensão das partículas no interior do reator, através da aderência das microbolhas de gás às partículas previamente floculadas, o que as torna menos densas que a água (flutuáveis), proporcionando sua rápida remoção na parte superior da unidade de flotação, com produção de lodo com elevado teor de sólidos, com possibilidade de arraste de parcelas de substâncias voláteis que apresentem elevada constante de Henry, além de constituir um processo de alta taxa, resultando em unidades compactas e versáteis, que possibilitam bom nível de controle operacional através do monitoramento da quantidade do ar fornecida ao processo.

Dentre os processos físico-químicos utilizados no tratamento de esgoto sanitário, além do processo de flotação por ar dissolvido, tem-se destacado o processo de ozonização.

O processo de ozonização tem sido utilizado na desinfecção de águas de abastecimento em vários países. O ozônio é um oxidante muito forte, cuja dosagem de aplicação depende das características do efluente. Atualmente, o ozônio vem sendo usado para outras finalidades além da desinfecção, tais como oxidação da matéria orgânica e inorgânica, auxiliar na remoção de cor e turbidez e, mais recentemente, em processos biológicos aeróbios em filtros e em meios absorventes.

O presente trabalho tem como principal proposta o estudo da remoção da matéria orgânica específica, proteínas, carboidratos e lipídios, em sistemas integrados de reatores anaeróbios/pós-tratamento, sendo utilizados como pós-tratamento um sistema de flotação por ar dissolvido seguido de ozonização.

MATERIAIS E MÉTODOS

A investigação experimental utilizando esgoto sanitário constou de equipamentos em escala piloto, como é o caso do Reator Anaeróbio de Leito Expandido, e equipamentos em escala de laboratório, com alimentação por batelada, como flotatest para a flotação, Jar-test para mistura rápida, além de um gerador de ozônio com pressão positiva e colunas de ozonização.



ENSAIO ESTÁTICO DE FLOTAÇÃO

Foram realizados ensaios estáticos de flotação, utilizando efluente do Reator Anaeróbio de Leito Expandido como água em estudo.

Os ensaios foram realizados em um “flotatest”, em regime de batelada, com parâmetros fixos e otimizados por PENETRA(1998).

Inicialmente, coletou-se 1,75 litros de amostra em um jarro do “Jar-test”, sem alteração do pH, onde se adicionou cloreto férrico como coagulante, na dosagem de 65 mg/l. Após a adição do coagulante, iniciou-se a mistura rápida, por um tempo de 30 segundos, com um gradiente de 1100 s^{-1} . Ao findar a mistura rápida, transportou-se a água em estudo para as câmaras de flotação do “flotatest”, e iniciou-se a floculação, por um tempo de 15 minutos, com um gradiente de 80 s^{-1} . Com o termino da floculação, foram abertos os registros que controlam a entrada da recirculação pressurizada proveniente da câmara de saturação, que era de 20%, utilizando água de abastecimento saturada com ar por um tempo de 11 minutos, perfazendo uma quantidade de ar fornecida ao sistema de 19 g/m^3 , promovendo a flotação dos flocos presente na câmara de flotação. Após o início da fase de geração de bolhas, e atendida a vazão de recirculação, os flocos foram flotados por um tempo de 5 minutos, a partir do qual iniciou-se a coleta de amostras clarificadas, coletando-se lentamente, por um tempo de 1 minuto de 30 segundos, de forma a não formar caminhos preferenciais, perfazendo um volume total de 500 ml.

OZONIZAÇÃO

O efluente clarificado obtido no ensaio estático de flotação foi submetido a diferentes dosagens de ozônio (7 mg O_3/l , 14 mg O_3/l e 21 mg O_3/l), sendo estas aplicadas para diferentes tempos de contato (5 minutos, 10 minutos e 15 minutos), com uma produção constate de $0,03 \text{ g O}_3 / \text{h}$.

A câmara de contato é de seção cilíndrica, construída em PVC, com diâmetro interno de $1 \frac{1}{2}$ “ e altura total de 1,85 m. A sua base está conectada uma pedra porosa para difusão do ozônio, conectada a uma mangueira para entrada do gás, com um registro de agulha. O excesso de gás é levado por uma mangueira conectada ao topo da mesma a um sistema formado por um erlenmeyer (2 litros), vedado por uma rolha e com um difusor poroso contendo uma solução de iodeto de potássio 2% (1 litro). Utilizou-se o método iodométrico, para a determinação do ozônio na fase gasosa, descritos em A.P.H.A. (1995), além de um espectrofotômetro Dulcotest DT11, para determinação do ozônio na fase líquida, com base no método do DPD, a um comprimento de onda de 528 nm.

PARÂMETROS ANALISADOS

Proteína (Método do Micro-biureto Modificado); carboidrato (Método do Fenol e Ácido Sulfúrico); lipídios, (Método da Sulfofosovanilina); DQO_{Total}; DQO_{Filtrada}; sólidos; alcalinidade; pH; temperatura;

RESULTADOS E DISCUSSÕES

A água em estudo apresentou-se com uma concentração média de 227 mg/l de Proteínas referenciadas à Caseína; 87 mg / l de Carboidrato, referenciado à Lactose; 35 mg / l de Lipídios, referenciados ao Óleo Savoy, na sua composição, com algumas variações atribuídas à água em estudo.

O Reator anaeróbio de leito expandido apresentou uma eficiência média de 48 %, na remoção de Proteínas referenciadas à caseína, vide FIGURA 1, sendo um bom desempenho visto a diversidade proteínas potencialmente presentes na água em estudo, além da complexidade de suas estruturas. Para os carboidratos, foi observada uma eficiência média de 78 %, apresentando uma ótima capacidade de remoção de Carboidratos (vide FIGURA 2). Quanto aos lipídios, verificou-se ótimos resultados na remoção de lipídios, como pode ser constatado na FIGURA 3, chegando a índices de remoção média de 75 %, ao sistema, porém, pode-se afirmar que não ocorreu uma remoção, no sentido de estabilização, e sim uma retenção, por parte do



sedimentador, visto sua condição de escoamento, propiciando a retenção dos lipídios mais facilmente flutuáveis, formando uma camada de espuma. Lembrando-se que o sedimentador em questão é parte integrante do reator em estudo.

FIGURA 1 - Evolução gráfica, ao longo do sistema em estudo, na remoção de Proteínas, referenciadas à Caseína, em função do tratamento aplicado.

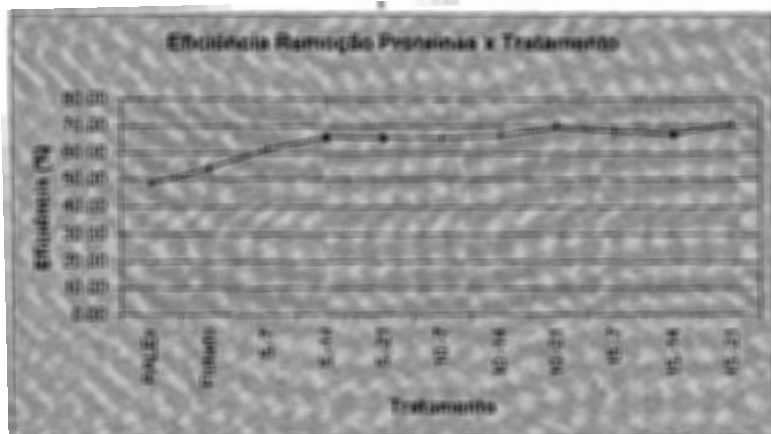
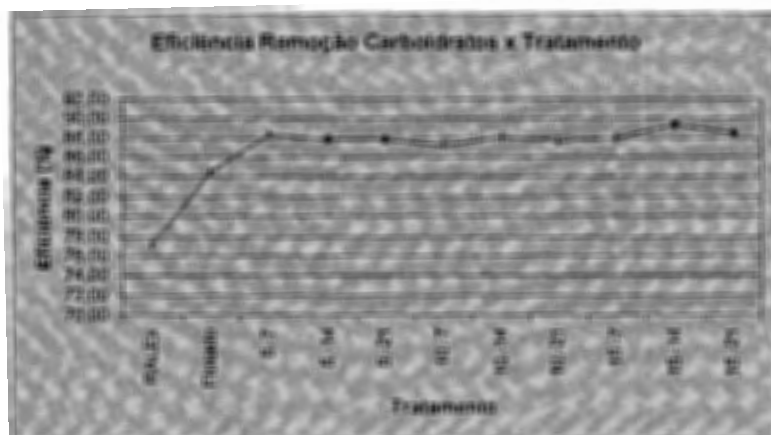


FIGURA 2 - Evolução da eficiência do sistema, na remoção de Carboidratos, referenciados à Lactose, em função do tratamento aplicado.



Durante a flotação, verificou-se um acréscimo de 6 % na remoção de Proteínas, perfazendo um total de 54 % de remoção global; um acréscimo de 7 %, na remoção global de Carboidratos, perfazendo um total de 85 % de remoção ao sistema; para os lipídios, constatou-se uma remoção complementar de 12 %, durante os ensaios, perfazendo um total de 87 % de remoção de Lipídios referenciados ao Óleo Savoy;

O efeito do ozônio sobre as proteínas melhorou à medida que se aumentou o tempo de contato e a dosagem aplicada, como pode ser observado para o tempo de 10 minutos e 15 minutos, ambas com dosagem aplicada de 21 mg O_3 / l, apresentando os melhores resultados, com uma eficiência total média de 67 % e 68 % respectivamente, mesmo apresentando dosagens consumidas menores, quando comparadas com as com tempo de contato menor e mesma dosagem aplicada (vide FIGURA 1).

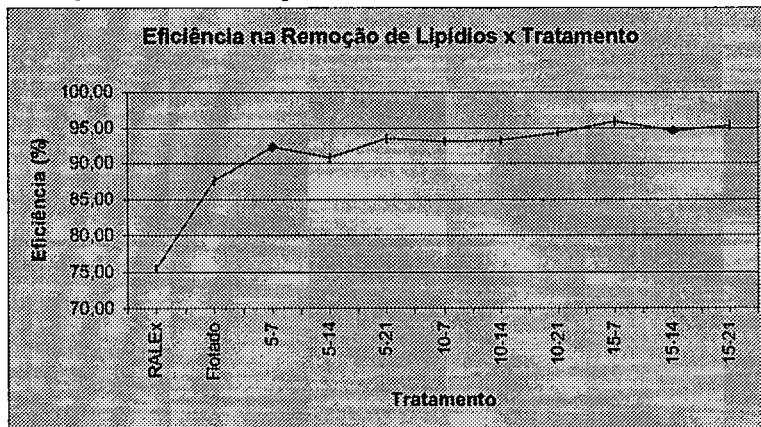
Para os carboidratos, os melhores resultados foram obtidos para os maiores tempos de contatos e maiores dosagens aplicadas, correspondente ao tempo de contato de 15 minutos e dosagem de 14 mg O_3 / l,



apresentando uma eficiência total média de 90,5%, e dosagem de 21 mg O_3 / l, e com o mesmo tempo de contato, com eficiência total média de 90 % (vide FIGURA 2).

Quanto aos lipídios, constatou-se uma forte influência do tempo de contato, para a sua remoção, pois os melhores resultados correspondem ao tempo de contato de 15 minutos, mesmo apresentando dosagem consumida menor que os demais, porém, para as três dosagens aplicadas, de 7 mg O_3 / l, 14 mg O_3 / l e 21 mg O_3 / l, não apresentaram destaques entre elas, apresentando eficiência semelhante e próxima dos 95 %, fortalecendo a influência do tempo de contato para a otimização da reação do gás ozônio com os lipídios (vide FIGURA 3).

FIGURA 3 – Evolução da eficiência do sistema, na remoção de Lipídios, referenciados ao Óleo Savoy, em função do tratamento aplicado.



CONCLUSÕES

O sistema proposto para o tratamento de esgoto sanitário, composto de gradeamento e caixa de areia, como tratamento primário; reator anaeróbio de leito expandido, como tratamento secundário, e flotação seguido de ozonização, como tratamento de polimento, constituem uma boa concepção, para a remoção de matéria orgânica específica (proteínas, carboidratos e lipídios), além do efluente ozonizado, aumentar, potencialmente, a sua biodregabilidade.

Para remoção de proteínas, o reator anaeróbio de leito expandido, apresentou um bom desempenho, com eficiência média de 47 %. A flotação por ar dissolvido, não apresentou remoção significativa. Melhores resultados foram obtidos durante a ozonização, onde o efeito desse gás foi mais eficiente para o tempo de contato de 15 minutos, com dosagem aplicada de 21 mg O_3 / l, dosagem consumida de 16 mg O_3 / l, com eficiência média de remoção de 68 %, ressaltando-se a importância do tempo de contato, a complexidade e diversidade das proteínas, na composição da água em estudo.

Com relação aos carboidratos, conclui-se que o reator anaeróbio de leito expandido é um dos grandes responsáveis pela sua remoção, com eficiência próxima dos 78 %, em média, delegando a flotação e a ozonização, um tratamento de polimento. Apesar dos melhores resultados obtidos durante a ozonização, corresponderem ao tempo de contato de 15 minutos e dosagem de 14 mg O_3 / l e 21 mg O_3 / l, pode-se afirmar que a diferença entre a eficiência obtida, nas diversas condições operacionais exercidas, foram pouco significativas. Portanto, para o tempo de contato de 5 minutos e respectiva dosagem, os resultados são mais satisfatórios, quando se analisa a relação custo/benefício, conduzindo a eficiência próxima dos 89 %, com um terço do tempo de contato, minimizando custos energéticos, volume da câmara de contato, entre outros.



Durante a remoção de lipídios, verificou-se uma tendência na sua separação do efluente, e não de uma estabilização do mesmo, porém, com a ozonização, ocorreram algumas transformações, induzidas pela reação do gás ozônio com os lipídios, conduzindo a uma potencial estabilização, e não a separação por processos físicos. Durante a ozonização os melhores resultados foram obtidos para os maiores tempos de contato, como constatado para o tempo de 15 minutos, mesmo apresentando uma dosagem consumida menor, para mesma dosagem aplicada, enfatizando a necessidade de um tempo maior de reação do gás ozônio, para obtenção de melhores resultados.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. AMBAR, M. & NETA, P. (1967). A Compilation of Especific Bimolecular Rate Constant fro the Reaction of Hydrated Electrons, Hydrogen Atoms, and Hydroxyl Radicals with Organic and Inorganic Compounds in Aqueos Solution. *Intl. Jour. Appl. Radiation & Isotopes* , 18:493.
2. A.P.H.A. (1995) - Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. American Public Health Association.
3. BLUNDI, C.E. (1988). Aplicação de Métodos Alternativos para a Determinação de Matéria Orgânica e Biomassa em Águas Residuárias. São Carlos, 329 p. Tese Doutorado, Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo.
4. CAMPOS, J.R.; REALI, M.A.P.; DOMBROSKI, S.A.G.; MARCHETTO, M. & LIMA, M.R.A. (1996). Tratamento Físico-Químico por Flotação de Efluentes de Reatores Anaeróbios. XXV Congresso Interamericano Ingeniería Sanitaria y Ambiental, México.
5. DORE, M.; NOMPEX, Ph. & et al (1989). Ozonation of Molecules Constituting Celular Matter. *Proceedings of Ninth Ozone World Congress*, June 3-9, New York .
6. GADÊLHA, R. F. (2001) REMOÇÃO DE MATÉRIA ORGÂNICA ESPECÍFICA DE UM SISTEMA DE FLOTOOZONIZAÇÃO COMO PÓS-TRATAMENTO DE REATORES ANAERÓBIOS. Dissertação de mestrado, Escola de Engenharia de São Carlos – Universidade de São Paulo, 2000. (Parte integrante do programa do PROSAB, tema II – Pós Tratamento de Reatores Anaeróbios)
7. GLAZE, W. H. (1986). Reaction Products of Ozone: A review. *Environ. Health Perspective*, 69, 151.
8. GUITTONNEAU, S. et al. (1992). Characterization of Natural Water and Potential to Oxidize Organic Pollutants with Ozone. *Ozone Sci. Eng.*, 14, 185.
9. HOIGNÉ, J. & BADER, H (1983). Rate Constants of Reaction of Ozone with Organic and Inorganic Compounds in Water. *Water Research*, v. 17 (9), p. 173-183, sep.
10. HUCK, P.M. et. al. (1992). Biodegradation of Aquatic Organic Matter with Reference to Drinking Water Treatment. *Sci. Total. Environ.*, 118, 531.
11. LANGLAIS, B. et. al. (1989). Improvement of a Biological Treatment by Prior Ozonation. *Ozone. Sci. Eng.* , 11, 155.
12. LANGLAIS, B. ; RECKHOW, D. A. et al (1991). Onone in Water Treatment – application and engineering . AWWA Research Foundation . Compagnie Générale des Eux. Lewis Publishers, Inc. 551 p.
13. LEGUBE, B. et al (1985). Identification of Few Organics and Attempted Quantification upon Disinfection with Ozone of a Biologically treated Wastewater. *Proc. Intl. Conf. The Role of Ozone in the Water and Wastewater treatment*. Ed. by R. Perry and R.E. McIntyre Selper Ltd. London.
14. NEBEL, C. (1981). Ozone. In: KIRK, R. E. & OTHMER, D. F. ed. *Encyclopedia of Chemical Technology*. 3ª edition, John Wiley & Sons, Inc., New York, N.Y., p.683-713.
15. PENETRA, R. G. (1998). Pós-Tratamento Físico-Químico por Flotação de Efluentes de Reatores Anaeróbios de Manta de Lodo (UASB). Dissertação (Mestrado), Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo. 140 p.
16. REALI, M.A.P. (1991). Concepção e Avaliação de um Sistema Compacto para Tratamento de Águas de Abastecimento Utilizando o Processo de Flotação por Ar Dissolvido e Filtração com Taxa Declinante. Tese (Doutorado). Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo.
17. SOMICH, C.J. et. al. (1990). On-Site Treatment of Pesticide Waste and Rinsate Using Ozone and Biologically Active Soil. *Environ. Sci. Technol.*, 24, 745.
18. TRUSSELL, R.R. (1992). Oxidation By-Products Complicate Disinfectant Choices. *Waterword News*, 8, 14.