

UNIVERSIDADE FEDERAL DE PELOTAS

Programa de Pós-Graduação em Biotecnologia
Agrícola



Dissertação

**Minimização de efluentes e avaliação de sistema
biológico de tratamento de águas residuárias em uma
indústria de conservas vegetais**

Charles Soares Huber

Pelotas, 2007

CHARLES SOARES HUBER

**Minimização de efluentes e avaliação de sistema biológico
de tratamento de águas residuárias em uma indústria de
conservas vegetais**

Dissertação apresentada ao Programa
de Pós-Graduação em Biotecnologia
Agrícola da Universidade Federal de
Pelotas, como requisito parcial à
obtenção do título de Mestre em
Ciências (área de conhecimento:
Estudos e caracterização de efluentes).

Orientador: Orlando Pereira-Ramirez

Pelotas, 2007

Dados de catalogação na fonte:
Maria Beatriz Vaghetti Vieira – CRB-10/1032
Biblioteca de Ciência & Tecnologia – UFPel

H877m Huber, Charles Soares
Minimização de afluentes e avaliação de sistema biológico de tratamento de águas residuárias em uma indústria de conservas vegetais. / Charles Soares Huber ; orientador Orlando Pereira Ramirez. – Pelotas, 2007. – 59f. : il. – Dissertação (Mestrado). Programa de Pós-Graduação em Biotecnologia Agrícola. Centro de Biotecnologia. Universidade Federal de Pelotas. Pelotas, 2007.

1.Biotecnologia. 2.Pelagem de pêssego. 3.Surfactante. 4.Hidróxido de sódio. 5.Tratamento anaeróbio. 6.Efluentes. 7.Águas residuárias 8.Sistema biológico 9.Reator UASB. 10. Tratamento de águas. I.Ramirez, Orlando Pereira. II.Título.

Banca examinadora:

Prof. Dr. Carlos Alberto Silveira da Luz, Universidade Federal de Pelotas

Profa. Dra. Loraine André Isoldi, Universidade Católica de Pelotas

Prof. Dr. Osvaldo Luis Vieira Faria, Universidade Católica de Pelotas

Prof. Dr. Orlando Pereira-Ramirez, Universidade Federal de Pelotas

Dedico este trabalho para:

Minha avó paterna, Rosalina, por ter sido fundamental no meu processo de formação profissional, acadêmica e social.

Meus pais, Maria Elena e Ivan, pelo apoio irrestrito em todos os momentos de minha vida.

AGRADECIMENTOS

A Universidade Federal de Pelotas pela oportunidade de realização do Curso de Pós - Graduação em Biotecnologia Agrícola.

Ao professor Orlando Pereira-Ramirez pela oportunidade, confiança, orientação e apoio.

Aos colegas do Programa de Pós-Graduação em Biotecnologia Agrícola, principalmente à Suselaine, Carina, Andréia e Natália pela amizade e também à Alegani pelo apoio.

À Fabiana Guerra, Maria Inês Machado, Simone Engel e Mario Conte, pela motivação e incentivo à pesquisa.

Ao Engenheiro Químico Cláudio Oderich, Diretor da Conservas Oderich S.A. pela oportunidade da realização deste estudo.

E a todos que direta ou indiretamente contribuíram de alguma forma para a realização deste trabalho.

Muito Obrigado

“A diferença entre o possível e o impossível, está na vontade humana.”

Albert Einsten (1879 -1955)

RESUMO

HUBER, Charles Soares. **Minimização de efluentes e avaliação de sistema biológico de tratamento de águas residuárias em uma indústria de conservas vegetais**. 2007. 59f. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Biotecnologia Agrícola. Universidade Federal de Pelotas, Pelotas.

Avaliou-se a adição de um surfactante químico à solução de hidróxido de sódio, utilizada no processo de descasque químico do pêssego. Os resultados obtidos foram comparados com o do processo tradicional, sem a adição desta substância. Observou-se reduções de 57,14% no consumo de hidróxido de sódio, 49,18% na geração de efluente líquido, no processo de lavagem da fruta e 42,81%, 16,02 %, 45,45%, 24,16% e 31,82%, nas cargas da demanda química de oxigênio (DQO), demanda bioquímica de oxigênio (DBO), nitrogênio total Kjeldahl (NTK), sólidos suspensos totais (SST) e dos sólidos sedimentáveis (SS), respectivamente. As águas residuárias originadas no processo de industrialização da fruta devem ser tratadas em uma estação de tratamento de efluentes. Existem diversos processos que podem ser utilizados para a remoção dos materiais e substâncias potencialmente prejudiciais ao meio ambiente. Monitorou-se a partida e a operação de um reator anaeróbio de fluxo ascendente (UASB) tratando efluentes de uma indústria de conservas de frutas e vegetais. O sistema foi monitorado por 712 dias e avaliou-se a eficiência da remoção de demanda química de oxigênio (DQO) total. O início da operação do reator foi com uma carga orgânica volumétrica (COV) aplicada de $0,40\text{kgDQO}\cdot\text{m}^{-3}\cdot\text{d}^{-1}$, atingindo-se uma COV máxima de $5,29\text{kgDQO}\cdot\text{m}^{-3}\cdot\text{d}^{-1}$ em 307 dias. A remoção de DQO total foi de 86,87%. Este estudo mostrou que mesmo com a sazonalidade de produção, os reatores UASB são uma boa alternativa de tratamento secundário para a indústria conserveira.

Palavras-chave: pelagem de pêssego, surfactante, hidróxido de sódio, tratamento anaeróbio, efluente, reator UASB.

ABSTRACT

HUBER, Charles Soares. **Effluent minimization and evaluation of wastewater biologic system treatment in a vegetable-cannery industry**. 2007. 59f. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Biotecnologia Agrícola. Universidade Federal de Pelotas, Pelotas.

The addition a chemical surfactant in the sodium hydroxide solution was evaluated in the peach peeling process. The results were compared to the traditional process, without chemical addition. It could be observed reduction from 57.14% in the sodium hydroxide consumption, 49.18% in wastewater generation of the fruit washing process and 42.81%, 16.02%, 45.45%, 24.16% and 31.82%, in the loads of chemical oxygen demand (COD), biochemical oxygen demand (BOD), total Kjeldahl nitrogen (TKN), total suspended solids (TSS) and the settleable solids (SS), respectively. The fruit-cannery wastewaters must be treated. There are several processes that can be used for the removal of materials and chemicals that can degrade the environment. An upflow anaerobic sludge blanket (UASB) of a cannery industry (fruits and vegetables) was evaluated. The system was assessed for 712 days and the efficiency of total DQO removal was evaluated. The start-up began with a mean organic loading rate (OLR) of $0.40\text{kgDQO}\cdot\text{m}^{-3}\cdot\text{d}^{-1}$, and achieved a maximum OLR of $5.29\text{kgDQO}\cdot\text{m}^{-3}\cdot\text{d}^{-1}$ in 307 days. The mean removal of total DQO was 86.87%. This study showed that even with the seasonality of production, the UASB reactor is a good alternative for the secondary treatment of fruit-cannery industry.

Key-words: peach peeling, surfactant, sodium hydroxide, anaerobic treatment, wastewater, UASB reactor.

LISTA DE TABELAS

ARTIGO 1

TABELA 1: Especificações do hidróxido de sódio	26
TABELA 2: Especificações do produto comercial.....	27
TABELA 4: Resultados do teste	29
TABELA 5: Análises físico-químicas do efluente gerado	30
TABELA 6: Cargas e redução obtida	31

ARTIGO 2

TABELA 1: Vazões afluentes ao reator uasb.....	42
TABELA 2: Características do afluente ao reator uasb	43

LISTA DE FIGURAS

ARTIGO 1

FIGURA 1: Fluxograma identificando as principais etapas da industrialização do pêssego em calda	21
FIGURA 2: Fotografia obtida por microscopia de varredura eletrônica de uma superfície água repelente	23
FIGURA 3: Visualização esquemática das linhas de contato de duas gotas de água com diferentes massas, na superfície papilosa	23
FIGURA 4: Organização esquemática da cutícula de uma planta e seu constituinte monomérico majoritário	24
FIGURA 5: Simulação em computador de uma micela de dodecil sulfato de sódio em água	25
FIGURA 6: Simulação tridimensional de uma micela	25
FIGURA 7: Camada de Stern	26

ARTIGO 2

FIGURA 1: Fluxograma da estação de tratamento de efluentes	41
FIGURA 2: Detalhe construtivo do reator anaeróbio tipo uasb	42
FIGURA 4: Concentração de DQO afluente e efluente no sistema e eficiência de remoção	45
FIGURA 5: Concentração de AVT, AT e relação AVT/AT do lodo do UASB	46
FIGURA 6: Eficiência de remoção de DQO total e relação AVT/AT do lodo do UASB	46
FIGURA 7: Concentração de AVT, AT do lodo do UASB e COV aplicada	47
FIGURA 8: Carga orgânica volumétrica, tempo de detenção hidráulica e eficiência de remoção da DQO total	49

LISTA DE ABREVIATURAS

APHA -	American Public Health Association
AT -	Alcalinidade total
AVT -	Ácidos voláteis totais
C -	Concentração
CCM -	Concentração crítica micelar
$C_{DQO\ a}$ -	Concentração de DQO afluente
$C_{DQO\ e}$ -	Concentração de DQO efluente
CFR -	Code Federal Regulations
C_P -	Concentração do parâmetro
CO -	Carga orgânica
COV -	Carga orgânica volumétrica
DBO -	Demanda bioquímica de oxigênio
DQO -	Demanda química de oxigênio
E -	Eficiência
FDA -	Food and Drugs Administration
MBP -	Massa bruta de pêssego
MSP -	Massa na saída do pelador
NTK -	Nitrogênio total Kjeldahl
pH -	Potencial hidrogeniônico
SS -	Sólidos sedimentáveis
SSV -	Sólidos suspensos voláteis
SST -	Sólidos suspensos totais
TDH -	Tempo de detenção hidráulica
UASB -	Upflow anaerobic sludge blanket

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO GERAL	14
OBJETIVO GERAL.....	17
OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	17
ARTIGO 1	18
EFEITO DA ADIÇÃO DE SURFACTANTE QUÍMICO NA MINIMIZAÇÃO DE EFLUENTES DA PRODUÇÃO DE PÊSSEGO EM CALDA.....	18
RESUMO	19
ABSTRACT	20
INTRODUÇÃO	21
MATERIAL E MÉTODOS.....	26
Reagentes	26
Matéria prima.....	27
Procedimentos.....	28
Monitoramento do Teste	28
RESULTADOS E DISCUSSÃO	29
CONCLUSÕES	32
REFERÊNCIAS.....	33
ARTIGO 2	36
TRATAMENTO DE EFLUENTES DA INDÚSTRIA CONSERVEIRA POR REATOR ANAERÓBIO DE FLUXO ASCENDENTE.....	36
RESUMO	37
ABSTRACT	38
INTRODUÇÃO	39
MATERIAL E MÉTODOS.....	41
Características do Sistema de Tratamento de Efluentes.....	41
Características do Efluente.....	42
Inóculo.....	43
Operação e Monitoramento	43
Variáveis Analisadas	43
RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	44
CONCLUSÕES	49
REFERÊNCIAS.....	50
CONCLUSÃO GERAL.....	53
REFERÊNCIAS GERAL	55

INTRODUÇÃO GERAL

Desde os tempos mais remotos o homem costuma lançar seus detritos nos cursos de água. Até a Revolução Industrial, porém, esse procedimento não causava problemas, já que os rios, lagos e oceanos tinham considerável poder de autodepuração. Com a industrialização, a situação começou a sofrer profundas alterações. O volume de resíduos lançados nas águas tornou-se cada vez maior, superando a capacidade de autodepuração dos rios e oceanos, que é limitada (HESPANHOL, 1999).

Atualmente as atividades agroindustriais têm se voltado não somente para a produção e a produtividade, mas também para a conservação do meio ambiente. Essa mudança no comportamento do empresário agroindustrial está ligada não somente à conscientização da importância do problema, mas principalmente a uma exigência do mercado, seja para a exportação ou para consumo interno. Os consumidores, cada vez mais, dão preferência a produtos que possuam parâmetros de qualidade, de acordo com as normas internacionais da série “ISO” elaboradas pela “International Organization for Standardization”, com sede em Genebra na Suíça.

O município de Pelotas é conhecido nacionalmente como a “cidade dos alimentos”, tal fato deve-se a grande quantidade de indústrias de conservas existentes, na região, durante a década de 80. Em meados dos anos 90 o setor entrou em crise, devido à situação organizacional dos diversos setores que compõem a matriz produtiva do agronegócio, muitas empresas de grande porte encerraram suas atividades e outras permanecem em atividade até hoje. Atualmente, nota-se um sutil aquecimento do setor agroindustrial, provavelmente, decorrente da minimização dos custos de produção, agregamento de valor ao produto final e aquecimento da exportação de alimentos enlatados.

A sustentabilidade do sistema de produção tanto rural, como industrial tem sido abordada e estudada por diversas linhas da ciência. A consciência ambiental começou a fazer parte do campo e da indústria de forma mais intensa a partir da metade da década de 90. As exigências ambientais antes, existentes, mas não cumpridas, começaram a ser enfocadas como passos primordiais para concessão de financiamentos, exportações e incentivos fiscais além do aumento da exigência de melhores condições de vida da sociedade. As empresas, então, para se

enquadrarem na lei, começaram a investir em sistemas de tratamento de águas residuárias, resíduos sólidos e emissões atmosféricas.

A indústria de conservas possui um inconveniente no que diz respeito a geração de efluentes líquidos: a sazonalidade. Por processar frutas e vegetais tem-se um efluente característico para cada um dos tipos de industrialização, que ocorre em diferentes épocas do ano. A maioria das empresas, desse ramo de atividade, encontram dificuldades para tratar seus resíduos líquidos e atender os parâmetros estabelecidos em suas licenças ambientais.

O período de industrialização de pêssegos é crítico do ponto de vista ambiental, pois se tem um grande volume de produção concentrado em apenas dois meses de atividade. O efluente gerado nesse período possui altas concentrações de materiais orgânicos e os sistemas biológicos utilizados para seu tratamento, não possuem um tempo satisfatório de adaptação a esse tipo de água residuária.

No processamento de pêssegos em calda o maior volume de efluente e carga orgânica gerada é na etapa de descasque químico (ou pelagem) da fruta. Nesta etapa é utilizada uma solução de hidróxido de sódio aquecida, que tem como finalidade, promover a liberação da casca. Tem sido estudado e utilizado, o uso de tensoativos, principalmente nos Estados Unidos da América, adicionados a esta solução, com a finalidade de promover a utilização de menor quantidade de hidróxido de sódio utilizada na solução de descasque. Os benefícios observados seriam: a diminuição do volume de efluente gerado, o abrandamento do ataque do álcali à polpa da fruta e, conseqüentemente a diminuição da carga orgânica da água residuária.

A redução de volume de efluentes, bem como das cargas poluidoras geradas nos processos industriais, tem-se mostrado de fundamental importância na compatibilização das atividades produtivas com o meio ambiente. Deve-se considerar indissociável a redução de efluentes dos conceitos de produtividade. As atividades de minimização de efluentes devem envolver desde a escolha dos processos industriais até os procedimentos práticos de redução de vazões e cargas poluidoras.

A digestão anaeróbia é um dos mais antigos processos de conversão de resíduos orgânicos a metano. Diversas espécies microbianas participam do processo interagindo em associação sintrófica, direta e indiretamente, e competindo por substratos, na ausência de oxigênio. Os reatores anaeróbios de fluxo

ascendente (UASB) surgiram como uma boa alternativa para o tratamento de efluentes agroindustriais, o baixo custo de instalação, operação e ainda, a possível utilização do biogás gerado, contribuíram para a difusão de seu uso no Brasil e no mundo. Do ponto de vista microbiológico, a digestão anaeróbia é um processo bastante complexo, baseado no ciclo anaeróbio do carbono, pelo qual é possível transformar a substância orgânica em biomassa e compostos inorgânicos (SOUBES, 1994).

A operação destes reatores depende de um controle rigoroso das condições ambientais e do processo de digestão. A biomassa anaeróbia responsável pela degradação da matéria orgânica das águas residuárias, deve ser constantemente avaliada para garantir um bom funcionamento e desempenho do sistema (POETSCH et al., 1998). A variabilidade que pode ocorrer durante a sua operação se deve a causas aleatórias não significativas e a desestabilização pode ser relacionada a causas especiais como sobrecarga orgânica ou hidráulica, substâncias tóxicas no efluente de alimentação e mudanças significativas nas condições ambientais como temperatura e pH (HIRATA, 1997).

Objetivo Geral

Este trabalho objetivou estudar o efeito da adição de uma substância surfactante à solução de hidróxido de sódio, utilizada para o descasque químico de pêssegos, em uma indústria de conservas e monitorar a partida e a utilização de um reator anaeróbio de fluxo ascendente tratando a totalidade das águas residuárias geradas pelo complexo industrial.

Objetivos Específicos

1. Determinar a quantidade de efluente gerada, na etapa de lavagem do pêssego, com a solução normal e aditivada.
2. Avaliar as características físico-químicas das águas residuárias produzidas.
3. Observar parâmetros de processo da etapa de descasque químico.
4. Monitorar o comportamento da partida de um reator anaeróbio de fluxo ascendente no tratamento de efluentes agroindustriais.
5. Avaliar o uso desse sistema biológico de tratamento determinando as características físico-químicas dos despejos afluentes e efluentes ao equipamento.

Artigo 1

Artigo submetido à Revista Brasileira de Agrociência

EFEITO DA ADIÇÃO DE SURFACTANTE QUÍMICO NA MINIMIZAÇÃO DE EFLUENTES DA PRODUÇÃO DE PÊSSEGO EM CALDA

ADDITION EFFECT OF A CHEMICAL SURFACTANT IN THE WASTEWATER MINIMIZATION A PEACHES IN SYRUP PRODUCTION

HUBER, C. S. ¹; PEREIRA-RAMIREZ, O. ²; SANCHES, P. J. ³

¹CSTA-CEFET RS; Curso Superior de Tecnologia Ambiental; Praça Vinte de Setembro 455 Pelotas-RS CEP 96015-360 E-mail: **csHuber@hotmail.com**

²FEA-UFPEL; Laboratório de Saneamento Rural; Caixa Postal 354; Pelotas-RS; CEP 96010-900; E-mail: opr@terra.com.br

³CSTA-CEFET RS; Curso Superior de Tecnologia Ambiental; Praça Vinte de Setembro 455; Pelotas-RS; CEP 96015-360; E-mail: pjsans@bol.com.br

RESUMO

Avaliou-se a adição de um surfactante químico à solução de hidróxido de sódio, utilizada no processo de descasque químico do pêssego. Os resultados obtidos foram comparados com o do processo tradicional, sem a adição desta substância. Observou-se reduções de 57,14% no consumo de hidróxido de sódio, 49,18% na geração de efluente líquido, no processo de lavagem da fruta e 42,81%, 16,02 %, 45,45%, 24,16% e 31,82%, nas cargas da demanda química de oxigênio (DQO), demanda bioquímica de oxigênio (DBO), nitrogênio total Kjeldahl (NTK), sólidos suspensos totais (SST) e dos sólidos sedimentáveis (SS), respectivamente.

Palavras-chave: pelagem de pêssego, surfactante, hidróxido de sódio.

ABSTRACT

The addition a chemical surfactant in the sodium hydroxide solution was evaluated in the peach peeling process. The results were compared to the traditional process, without chemical addition. It could be observed reduction from 57.14% in the sodium hydroxide consumption, 49.18% in wastewater generation of the fruit washing process and 42.81%, 16.02 %, 45.45%, 24.16% and 31.82%, in the loads of chemical oxygen demand (COD), biochemical oxygen demand (BOD), total Kjeldahl nitrogen (TKN), total suspended solids (TSS) and the settleable solids (SS), respectively.

Key words: peach peeling, surfactant, sodium hydroxide.

INTRODUÇÃO

O pêssego é amplamente cultivado na região de Pelotas, RS, onde o clima favorável, com dias frios de sol e sem umidade excessiva, possibilita seu cultivo e sua qualidade. A região de Pelotas corresponde a 97 % da produção brasileira de pêssego em calda. A tecnologia da industrialização do pêssego teve início nos Estados Unidos da América, no começo do século XX, quando surgiram as embalagens metálicas, também chamadas de latas sanitárias.

No Brasil a fruta consumida, na forma enlatada, em maior quantidade, é o pêssego. Nas últimas safras, a produção de pêssego enlatado, foi em torno de 50 milhões de latas por ano.

O processo de industrialização do pêssego consiste em várias etapas, como pode ser observado no fluxograma apresentado na figura 1.

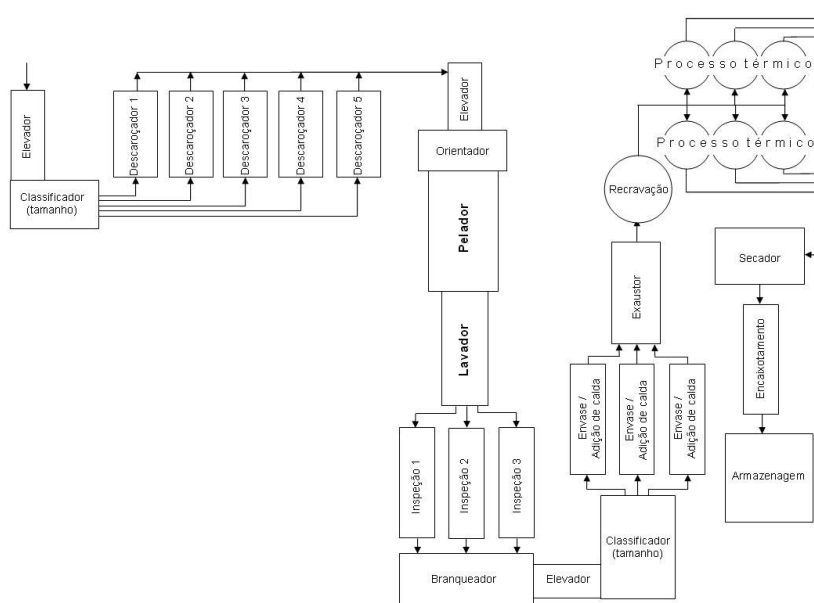


FIGURA 1: Fluxograma identificando as principais etapas da industrialização do pêssego em calda

O descasque é uma operação muito importante, pois tem grande influência sobre o rendimento da fabricação e sobre as qualidades organolépticas (cor e textura) do produto beneficiado. O descasque químico ou pelagem acontece em um equipamento denominado pelador, que consiste em uma esteira metálica movimentando-se horizontalmente e passa pelo interior de uma câmara, onde o pêssego, já em metades e em posição côncava, recebe um banho com uma solução

de soda cáustica (hidróxido de sódio) a quente, distribuída através de calhas. Após a fruta passa em uma câmara de reação, onde há injeção direta de vapor de água, que fornece calor e acelera a reação que tem como propósito soltar a casca da fruta. Este processo tem a duração de aproximadamente um minuto e pode variar conforme o estado de maturação ou doenças existentes na fruta.

A solução retorna para um tanque, onde existem quatro chapas instaladas verticalmente na diagonal, perfuradas, cada uma com orifícios de diâmetros diferentes, que estão posicionadas de tal forma, que a solução passe primeiramente pela de diâmetro maior e consecutivamente para as outras. Isto tem como objetivo, reter as partículas de casca e polpa de pêssego, que a solução pode arrastar prejudicando o bombeamento de retorno da solução às cascatas. Antes deste retorno, a solução passa por um aquecedor a vapor.

Após o processo de pelagem, as metades caem em um cilindro rotativo onde recebem jatos de água sob pressão para efetuar a retirada da casca que foi solta e também o residual de hidróxido de sódio usado. Nesta etapa temos a geração do efluente líquido, que por sua vez, carrega resíduos da casca e da polpa do pêssego.

As frutas são cobertas por uma membrana que pode ser chamada de casca, epiderme, cutícula, pericarpo e no caso do pêssego (*Prunus persica*) também é chamada de pele por assemelhar-se à pele humana. Esta membrana é composta por células que constituem uma matriz polimérica com ceras cuticulares. A porção específica de ceras está encaixada com uma armação de polímero (HOLLOWAY, 1982) e pode ser designada como ceras intracuticulares (WALTON, 1990). Isto é aceito para todas cutículas de plantas que também possuem um pequeno filme de ceras epicuticulares na sua superfície (BAKER et al., 1982). Conjuntamente, em algumas espécies de plantas e seus órgãos, a superfície de cera pode formar agregados microscópicos, “cristais de cera epicuticular” projetando-se do fino filme de cera (BARTHLOTT & NEINHUS, 1998).

Devido a sua posição em relação à fruta e ao ambiente externo, a cutícula possui uma performance fisiológica múltipla, para ser mais específico, algumas das mais importantes propriedades da cutícula são determinadas pela película de cera epicuticular porque está localizada na superfície extrema. Existem evidências circunstanciais de que a barreira da transpiração cuticular são as ceras existentes na superfície cuticular (SCHÖNHERR, 1976; SCHÖNRRER e RIEDERER, 1988).

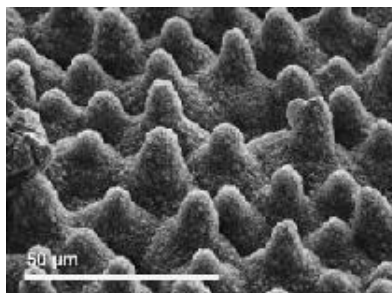


FIGURA 2: Fotografia obtida por Microscopia de Varredura Eletrônica de uma superfície água repelente (WAGNER & FÜRSTNER, 2003)

Em função disso, a superfície de muitas frutas é água-repelente, devido, também, ao complexo tridimensional microestrutural de suas células epidermas e a sobreposição de uma camada de cristais de cera hidrofóbicos, apresentados na figura 2. Devido a essa tensão superficial a água não se espalha nesta superfície, mas forma gotas esféricas que se encontram em contato com ela. A figura 3 apresenta uma representação esquemática desta situação.



FIGURA 3: Visualização esquemática das linhas de contato de duas gotas de água com diferentes massas, na superfície papilosa (WAGNER & FÜRSTNER, 2003)

Um apoio estrutural de poliésteres pode ser observado, também, entre a cutícula e a parede celular de outras frutas. Os constituintes monoméricos majoritários, da cutícula, são ácidos graxos hidroxilados, com 16 carbonos em sua molécula. A estrutura molecular responsável por esta função de apoio tem dificilmente sido encontrada devido à insolubilidade dos biopolímeros, o que dificulta sua determinação (KOLATTUKUDY, 1984). A figura 4 apresenta a organização esquemática da cutícula. Recentemente, a degradação parcial da cutícula do tomate e da lima por métodos enzimáticos ou químicos, tem sido usada para gerar produtos oligoméricos solúveis, que possuem as substâncias conectivas covalentes, essenciais do poliéster, natural da planta (OSMAN & GERARD, 1995; RAY et al., 1998; RAY & STARK, 1998).

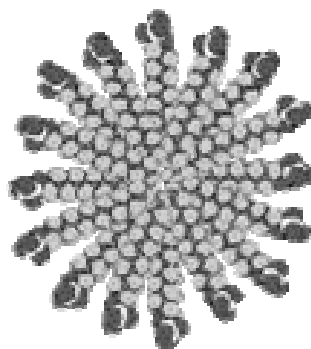


FIGURA 5: Simulação em computador de uma micela de dodecil sulfato de sódio em água (UFSC, 2004)

A concentração onde se inicia o processo de formação das micelas (micelização) é chamada de concentração crítica micelar (CCM), que é uma propriedade intrínseca e característica do surfactante. A principal razão que leva os monômeros de surfactante a se associarem sobre a forma de micelas é a diminuição da área de contato entre as cadeias hidrocarbônicas do surfactante e a água.

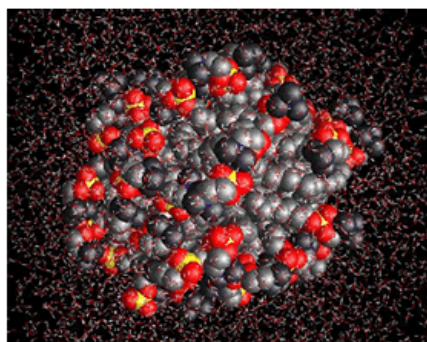


FIGURA 6: Simulação tridimensional de uma micela (UFSC, 2004)

A formação do agregado, porém, leva o surfactante a uma situação onde os grupos hidrofílicos (cabeças) estão muito próximos, gerando uma repulsão eletrostática que se opõe ao processo de micelização, isto acontece na “Camada de Stern”, que é a região onde se encontra a maior concentração de íons positivos situados na interface da micela com a solução aquosa. É constituída pelas cabeças do surfactante, contra-íons e moléculas de água como pode ser visto na figura 7. Aqui os contra-íons desempenham um papel fundamental: quando em concentração suficiente (proveniente da própria ionização do surfactante ou, ainda, como aditivos à solução), blindam a carga do agregado, diminuindo o potencial elétrico e a

repulsão entre as cabeças dos monômeros. Os surfactantes iônicos se dissociam, em solução aquosa, resultando em duas espécies hidratadas: um cátion e um ânion, ou seja, o monômero do surfactante e seu respectivo contra-íon.

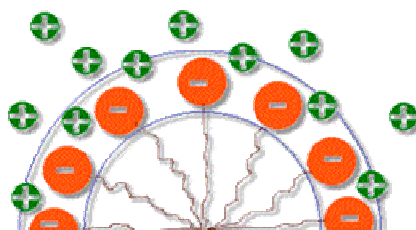


FIGURA 7: Camada de Stern (UFSC, 2004)

Este trabalho teve como objetivo avaliar o uso de um aditivo químico surfactante (naftalenosulfonato de sódio), para redução do consumo de hidróxido de sódio no processo de pelagem do pêssego e conseqüentemente minimização da geração de efluente líquido, resultante, da etapa de lavagem da fruta.

MATERIAL E MÉTODOS

Reagentes

Utilizou-se hidróxido de sódio em escamas de grau comercial, que é obtido a partir do processo de evaporação do hidróxido de sódio líquido, da fusão do produto anidro e do processo de escamação. O produto apresenta-se na forma de escamas brancas, altamente higroscópicas, não é inflamável nem combustível (CARBOCLORO S.A. INDÚSTRIAS QUÍMICAS, 2005). Outras características do produto podem ser observadas na tabela 1.

TABELA 1: Especificações do hidróxido de sódio

Especificações	Unidade	Resultado
Concentração média	%	96 a 98
Ponto de fusão	°C	318,00
Ponto de ebulição	°C	1.390,00
Peso específico	g.cm ⁻³	2,13
Solubilidade em água (20 °C)	g.L ⁻¹	1.090,00

Como aditivo químico tensoativo adicionado à solução de hidróxido de sódio foi utilizado o produto comercial de nome “Kwikpeel”, fabricado pela empresa “JohnsonDiversey”. O produto é composto por naftalenosulfonato de sódio na proporção de 30 % a 60 % em massa. É obtido através da reação do ácido 2-naftalenosulfônico com o hidróxido de sódio e é comumente usado na fabricação de produtos farmacêuticos, corantes (para indústria têxtil, alimentos e cosméticos) e tensoativos. O produto é solúvel em água, possui aparência de um líquido límpido de cor âmbar e não possui ponto de fulgor (JOHNSONDIVERSEY, 2003). Outras características do produto podem ser observadas na tabela 2.

TABELA 2: Especificações do produto comercial

Especificações	Unidade	Valor
Concentração média	%	30 a 60
pH		10,2 a 10,6
Ponto de ebulição	°C	100,00
Peso específico	g.cm ⁻³	1,16
Biodegradabilidade mínima	%	90,00

A substância é aprovada, para o uso, e consta no “Code Federal Regulations 21” (CFR 21) redigido pelo “Food and Drugs Administration (FDA)”, consta no capítulo 178.1010, item 35: “mistura de sais de sódio do ácido naftalenosulfônico (Registro Número 1321-69-3)”, consta no “Food Safety and Inspection Service Sanitation Performance Standards Compliance Guide” com codificação 3D e é descrito neste como “substâncias para lavar frutas e vegetais” com a observação de “depois do uso destas substâncias, as frutas e vegetais devem ser enxaguados completamente com água potável”.

Matéria prima

No dia em que foi realizado o teste (29/12/2005) estavam sendo processados pêssegos de quatro tipos de cultivares:

Cultivar BR-2, que apresenta frutos de forma truncada, de tamanho médio a grande, com o pericarpo amarelo escuro tendendo a alaranjado, a polpa é amarelo-alaranjada, com traços de vermelho junto ao caroço.

Cultivar Safira, onde os frutos são de tamanho grande, de forma redondo-oblonga, podendo às vezes apresentar sutura desenvolvida, o pericarpo e a polpa são amarelos.

Cultivar BR-6, apresenta frutas de tamanho grande e forma arredondada e sutura levemente desenvolvida, o pericarpo é amarelo e possui pilosidade mediana a acentuada, a polpa é amarela, firme e aderente ao caroço.

Cultivar Magno, possui frutos de tamanho grande, forma arredondada, uniforme e não possui ponta, a polpa é amarela, apresentando traços de vermelho junto ao caroço.

Os frutos estavam machucados, com sinais de bacteriose, sarna e podridão parda.

Procedimentos

Procedimento 1: Neste procedimento foi utilizada uma solução de hidróxido de sódio com 14 % a uma temperatura de 95°C, conforme descrito na introdução.

Procedimento 2: Neste procedimento foi utilizado uma solução de hidróxido de sódio com 6 % e 0,3 % do produto comercial a uma temperatura inicial de 95°C que foi diminuída até 85°C.

Monitoramento do Teste

Para avaliação dos procedimentos, foram analisados os seguintes parâmetros físico-químicos no efluente: demanda química de oxigênio (DQO), demanda bioquímica de oxigênio (DBO), pH, nitrogênio total Kjeldahl (NTK), fósforo total (P_T), sólidos suspensos totais (SST) e sólidos sedimentáveis (SS), as análises foram realizadas segundo as recomendações da AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION (1995).

Foram controlados, o volume de efluente (por cubagem, marcando-se o tempo necessário para completar um volume de 200 L) e a cor (visualmente). Para controle do processo foram medidas a massa bruta de pêssego (MBP), massa de caroços e massa de pêssegos na saída do pelador (MSP). A carga dos parâmetros (C_P) analisados, foram calculados com as equação 1:

$$C_P = C \cdot Q_h \cdot 10^{-6} \cdot 24 \quad (1)$$

onde,

C_P = carga do parâmetro (kg.d^{-1})

C = concentração do parâmetro (mg.L^{-1})

Q_h = vazão horária ($\text{m}^3.\text{h}^{-1}$)

RESULTADOS E DISCUSSÃO

TABELA 3: Parâmetros utilizados no teste

Parâmetro	Unidade	Procedimento 1	Procedimento 2
Massa bruta de pêssego (MBP)	kg	1.000	1.000
Massa de caroço	kg	122	122
Massa na saída do pelador (MSP)	kg	745	740
Temperatura da solução de pelagem	° C	95	85
Concentração de hidróxido de sódio	%	14	6
Concentração de tensoativo	%	0	0,3

TABELA 4: Resultados do teste

Avaliação	Unidade	Procedimento 1	Procedimento 2
Efluente gerado	$\text{m}^3.\text{h}^{-1}$	11	6
Aparência do efluente líquido	-	Vermelho	Amarelo pardo
Aparência do efluente sólido	-	Vermelho	Amarelo pardo
Aspecto do pêssego após a pelagem	-	Satisfatório	Satisfatório

Houve uma minimização do efluente gerado, no procedimento 2, que foi de 45,45 % menor, quando comparado ao procedimento 1, justificada pela quantidade inferior de hidróxido de sódio utilizada no procedimento 2, que pode ser observada na avaliação da concentração do álcali na solução de pelagem. Isto exigiu, na etapa de lavagem, para eliminação dos resíduos da casca, polpa e hidróxido de sódio, uma quantidade de água inferior à utilizada no procedimento 1. Esta redução da quantidade de álcali pode ser justificada pela detergência exercida pelo surfactante no pericarpo do pêssego. O material ceroso é atacado pelo naftalenosulfonato de

sódio, formando micelas, deixando os poros livres para a entrada e ação do hidróxido de sódio.

No procedimento 2, a temperatura da solução de descasque e da câmara de reação, pode ser diminuída, mantendo-se a qualidade de remoção do pericarpo da fruta.

A aparência do efluente, melhorou consideravelmente no procedimento 2, onde, a cor apresentou uma coloração, suave, amarelo parda, enquanto que no procedimento 1, adquiriu uma coloração, intensa, vermelha escura.

Em ambos os procedimentos, o aspecto do pêssego, após o processamento foi satisfatório, atendendo os padrões de qualidade da empresa.

Observando a tabela 5, podemos verificar que os resultados das concentrações dos parâmetros analisados, na água residuária produzida nos procedimentos 1 e 2 foram semelhantes. Este fato pode ser justificado por que, tanto o volume de efluente gerado, quanto a quantidade de material desprendido do pêssego, pelo ataque da solução, diminuíram, mantendo a concentração final dos parâmetros, com valores aproximados em ambos procedimentos.

TABELA 5: Análises físico-químicas do efluente gerado

Parâmetros	Unidade	Procedimento 1	Procedimento 2
pH	-	7,6	5,7
DQO	mgO ₂ .L ⁻¹	27.183,2	28.516,3
DBO	mgO ₂ .L ⁻¹	7.899,2	12.161,6
Nitrogênio total Kjeldhal	mgN.L ⁻¹	103,2	103,2
Fósforo total	mgP.L ⁻¹	28,5	61,7
Sólidos suspensos totais	mg.L ⁻¹	9.020,0	12.540,0
Sólidos sedimentáveis	mL.L ⁻¹	600,0	750,0

pH – potencial hidrogeniônico; DQO – demanda química de oxigênio; DBO – demanda bioquímica de oxigênio

Pode-se notar uma maior diferença, nos resultados das concentrações obtidas, apresentadas na tabela 5, entre os procedimentos, apenas no valor da demanda bioquímica de oxigênio (DBO), que pode ser atribuído ao fato da concentração do hidróxido de sódio nas soluções. No procedimento 1, onde se encontrava uma maior concentração do álcali, a fruta foi atacada de uma forma mais agressiva, e o material proveniente do pericarpo e endocarpo do pêssego reagiu em

maior quantidade com o hidróxido de sódio, formando substâncias que provavelmente possuem uma menor biodegradabilidade. No procedimento 2, onde a concentração do álcali era menor, o material orgânico não reagiu como no procedimento 1, possibilitando um aumento da degradação biológica dos resíduos contidos no efluente.

Pode-se observar na tabela 6, que no procedimento 2, obteve-se consideráveis reduções na carga gerada, fato que não foi observado, apenas, na carga de fósforo total.

TABELA 6: Cargas e redução obtida

Parâmetros	Unidade	Procedimento 1	Procedimento 2	Redução (%)
DQO	kgDQO.d ⁻¹	7.176,00	4.104,00	42,81
DBO	kgDBO.d ⁻¹	2.085,40	1.751,30	16,02
Nitrogênio total Kjeldahl	kgN.d ⁻¹	27,24	14,86	45,45
Fósforo total	kgP.d ⁻¹	7,52	8,88	-
Sólidos suspensos totais	kgSST.d ⁻¹	2.381,00	1.805,80	24,16
Sólidos sedimentáveis	m ³ .d ⁻¹	158,40	108,00	31,82

DQO – demanda química de oxigênio; DBO – demanda bioquímica de oxigênio

A maior redução, carga orgânica, foi obtida na demanda química de oxigênio (DQO), que pode ser atribuída ao menor ataque sofrido pela fruta, ocasionado pela menor concentração de hidróxido de sódio da solução do procedimento 2.

A menor redução foi observada na demanda bioquímica de oxigênio, pelo mesmo fato exposto anteriormente.

Obteve-se a maior redução, em porcentagem, que foi de 45,45 %, na carga de nitrogênio total Kjeldahl, provavelmente ocasionada, pela menor degradação hidrolítica causada pelo álcali às proteínas da fruta, que são constituintes do endocarpo. Segundo LAJOLO et al. (2001), o pêssego possui 1,19 % de sua massa, composta de proteínas.

A carga de fósforo total aumentou 15 % provavelmente por ser constituinte do produto comercial utilizado no teste.

No cálculo, da carga, dos sólidos suspensos totais, e sólidos sedimentáveis, encontrou-se, respectivamente, 24,16 % e 31,82 % de redução, que foram

resultantes, do decréscimo, no efluente, da quantidade de materiais do pericarpo e endocarpo da fruta, oriundos da reação mais branda com a solução de pelagem.

CONCLUSÕES

Através deste estudo podemos concluir que a adição de um surfactante químico à solução de hidróxido de sódio utilizada no processo de descasque químico do pêssego, proporcionou reduções de 57,14 % no consumo de hidróxido de sódio, 49,18% na geração de efluente líquido, no processo de lavagem da fruta e 42,81 %, 16,02 %, 45,45 %, 24,16 % e 31,82 %, nas cargas da demanda química de oxigênio (DQO), demanda bioquímica de oxigênio (DBO), nitrogênio total Kjeldahl (NTK), sólidos suspensos totais (SST) e dos sólidos sedimentáveis (SS), respectivamente.

A possibilidade de utilização de uma temperatura inferior no procedimento 2 representa uma redução no consumo de vapor de água e combustível para alimentação dos geradores de vapor.

A carga de fósforo total no efluente gerado pelo procedimento 2 aumentou 15 %, demonstrando a necessidade de pesquisa e desenvolvimento de produtos surfactantes com reduzida concentração desta substância.

REFERÊNCIAS

AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION. **Standard methods for the examination of water and wastewater**. 5.Ed., Baltimore: United Book Press Inc., 1995.

BAKER, E. A.; BUKOVAC, M. J. et al. **Composition of the cuticle fruit as related to fruit growth and development**. Linnean Society Symposium Series, v.10, p.33-44, London: Academic Press, 1982.

BARTHLOTT, W.; NEINHUIS, C. et al. Classification and terminology of plant epicuticular waxes. **Journal of Experimental Botany**, p.237-260, 1998.

CARBOCLORO S.A. INDÚSTRIAS QUÍMICAS. **Especificações técnicas e características físico-químicas da soda cáustica**. Disponível em: <<http://www.carbocloro.com.br/produtos/soda.html>> Acesso em: 12 ago. 2005.

FOOD AND DRUGS ADMINISTRATION. **Food additive status list**. Code Federal Regulations 21. Disponível em: <<http://www.access.gov/nara/cfr/index.htm>> Acesso em: 10 mai. 2005.

HOLLOWAY, P. J. **Structure and histochemistry of plant cuticular membranes: an overview**. Linnean Society Symposium Series, v.10, p.1-32, London: Academic Press, 1982.

JOHNSON DIVERSEY. **Kwikpeel (VB55)**. Material Safety Data Sheet. 2003.

KOLATTUKUDY, P. Biochemistry and function of cutin and suberin. **Canadian Journal of Botany**, p.2918-2933, 1984.

LAJOLO, F. M.; CORDENUNSI, B. R.; BASSINELO, P. J. Amylolytic activity in fruits: Comparison of different substrates and methods using banana model. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, n.50, p.5781-5786, 2002.

MEDEIROS, C. A. B.; RASEIRA, M. C. B. **A cultura do pessegueiro**. Brasília: Embrapa – SPI; Pelotas: Embrapa – CPATC, 1998.

OSMAM, S. F.; GERARD, H. C. et al. Method for the production and characterization of tomato cutin oligomers. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, n.43, p.2134-2137, 1995.

RAY, A. K.; CHEN, Z. et al. **Chemical depolymerization studies of the molecular architecture of lime fruit cuticle**. *Phytochemistry*, n.49, p.65-70, 1998.

RAY, A. K.; STARK, R. E. **Isolation and molecular structure of an oligomer produced enzymatically from the cuticle of fruit**. *Phytochemistry*, n.48, p.1313-1320, 1998.

SCHÖNHERR, J. **Water permeability of isolated cuticular membranes: the effect of cuticular waxes on diffusion of water**. *Planta*, p.159-164, 1976.

SCHÖNHERR, J.; RIEDERER, M. **Desorption of chemicals from plant cuticles: evidence for asymmetry**. *Archive Environmental Contamination Toxicology*, p.13-19, 1988.

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA. QMCWEB: Micelas & surfactantes. **Revista eletrônica do departamento de química-UFSC**. 2004. Disponível em: <<http://www.qmc.ufsc.br/quimica/index.html>>. Acesso em 20 mar. 2006.

UNITED STATES FOOD AND DRUG ADMINISTRATION. **21 code of federal regulations**. 1996. Disponível em: <<http://www.fda.gov/cder/dmpq/cgmpregs.htm>>. Acesso em: 20 mai. 2005.

WAGNER, P.; FÜRSTNER, R. et al. Quantitative assessment to the structural basis of water repellency in natural and technical surfaces. **Journal of Experimental Botany**, v.54, n.385, 2003.

WALTON, T. J. **Waxes, cutin and suberin**. Methods Plant Biochemistry, v.4, p.106-158, New York: Academic Press, 1990.

XIUHUA, F.; FANG, Q. et al. **NMR studies of molecular structure in fruit cuticle polyesters**. Phytochemistry n.57, p.1035-1042, 2001.

Artigo 2

Artigo submetido à Revista Brasileira de Agrociência

TRATAMENTO DE EFLUENTES DA INDÚSTRIA CONSERVEIRA POR REATOR ANAERÓBIO DE FLUXO ASCENDENTE

FRUIT-CANNERY WASTEWATER TREATMENT WITH A UPFLOW ANAEROBIC SLUDGE
BLANKET

HUBER, Charles S.¹; PEREIRA-RAMIREZ, Orlando.²

¹CSTA-CEFET RS; Curso Superior de Tecnologia Ambiental; Praça Vinte de Setembro 455; Pelotas-RS; CEP 96015-360; E-mail: **cshuber@hotmail.com**

²FEA-UFPEL; Laboratório de Saneamento Rural; Caixa Postal 354; Pelotas-RS; CEP 96010-900; E-mail: opr@terra.com.br

RESUMO

Monitorou-se a partida e a operação de um reator anaeróbio de fluxo ascendente (UASB) tratando efluentes de uma indústria de conservas de frutas e vegetais. O sistema foi monitorado por 712 dias e avaliou-se a eficiência da remoção de demanda química de oxigênio (DQO) total. O início da operação do reator foi com uma carga orgânica volumétrica (COV) aplicada de $0,40 \text{ kgDQO.m}^{-3}.\text{d}^{-1}$, atingindo-se uma COV máxima de $5,29 \text{ kgDQO.m}^{-3}.\text{d}^{-1}$ em 307 dias. A remoção de DQO total foi de 86,87 %. Este estudo mostrou que mesmo com a sazonalidade de produção, os reatores UASB são uma boa alternativa de tratamento secundário para a indústria conserveira.

Palavras-chave: Tratamento anaeróbio, carga orgânica volumétrica, UASB.

ABSTRACT

An upflow anaerobic sludge blanket (UASB) of a cannery industry (fruits and vegetables) was evaluated. The system was assessed for 712 days and the efficiency of total DQO removal was evaluated. The start-up began with a mean organic loading rate (OLR) of $0.40 \text{ kgDQO.m}^{-3}.\text{d}^{-1}$, and achieved a maximum OLR of $5.29 \text{ kgDQO.m}^{-3}.\text{d}^{-1}$ in 307 days. The mean removal of total DQO was 86.87 %. This study showed that even with the seasonality of production, the UASB reactor is a good alternative for the secondary treatment of fruit-cannery industry.

Key words: Anaerobic treatment, organic loading rate, UASB.

INTRODUÇÃO

As fábricas de conservas de frutas e vegetais são estruturadas, na maioria dos casos, de modo a poderem industrializar, isolada ou simultaneamente, diferentes matérias-primas, utilizando processos variados que, de acordo com o produto final, originarão despejos característicos. Os efluentes líquidos, gerados durante quase todo o desenvolvimento do processo industrial, são formados, em todos os casos, pela mistura de águas de lavagem, descasque, cozimento das matérias-primas na sua etapa inicial de preparo com aquelas usadas na limpeza diária dos equipamentos e dos setores de industrialização. Resíduos de calda e salmoura originados, tanto nos seus preparos como nas operações de enchimento, exaustão e recravação dos recipientes, geralmente, são incorporados no efluente (KOETZ, 1986).

O custo baixo, a baixa produção de biomassa e a simplicidade operacional encaminha os processos anaeróbios de tratamento de efluentes industriais, em especial os de manta de lodo, a uma posição de destaque no Brasil (VIEIRA, 1988).

Os processos anaeróbios surgiram como a melhor alternativa para a substituição dos sistemas aeróbios, com fim de reduzir a concentração de material orgânico existente nos efluentes. Fato observado pelo ínfimo consumo de energia utilizado se comparado com os processos aeróbios. Nos processos anaeróbios não existem equipamentos de aeração artificial, pois neles se desenvolvem microrganismos que não necessitam de oxigênio para a realização de seu metabolismo e o biogás gerado durante a decomposição anaeróbia pode ser aproveitado pelas indústrias (FORESTI, 1990).

O reator UASB é o mais utilizado no tratamento biológico de águas residuárias no Brasil. A vantagem desse reator é a habilidade de reter alta concentração de biomassa com alta velocidade de fluxo ascensional e produção de biogás. O processo anaeróbio possui baixa taxa de produção de biomassa, apenas 10 % a 20 % do volume produzido no aeróbio, devido à reduzida taxa de crescimento dos microrganismos no sistema anaeróbio. Por isso, o processo é mais suscetível a desequilíbrios, provocados por substâncias nocivas a esses organismos (LOPES & CAMPOS, 1996).

A digestão anaeróbia de efluentes gerados no processamento de alimentos tem sido implantada com sucesso (AUSTERMANN-HAUN et al., 1999; FRANKIN,

2001). O uso de reatores UASB no tratamento de efluentes de indústrias de conservas, com produções sazonais, tem sido mostrado como opção viável, apresentando reduções da demanda química de oxigênio (DQO) maiores que 93 % com carga orgânica volumétrica (COV) na faixa de $10,95 \text{ kgDQO.m}^{-3}.\text{d}^{-1}$ e tempo de detenção hidráulica de $<12\text{h}$ (TRNOVEC & BRITZ, 1998).

Segundo OLIVEIRA (1997), para obter-se sucesso com o tratamento anaeróbio, os reatores devem ser operados adequadamente, identificando-se com rapidez e segurança distúrbios no seu desempenho por meio de monitoramento de determinados parâmetros, como a capacidade tampão do sistema.

De acordo com ISOLDI (1998), os equilíbrios químicos de maior importância, no tratamento biológico de efluentes agroindustriais, são os do tipo ácido-base e do tipo óxido-redução, sendo os equilíbrios ácido-base de fundamental importância para se entender o comportamento do pH.

O autor RAMJEAWON (2001), cita que a propriedade de tamponamento do pH, na degradação anaeróbia, vem naturalmente da produção do CO_2 e da liberação de íons carregados positivamente, da decomposição de proteínas e outros substratos para formar alcalinidade de bicarbonato. A digestão anaeróbia requer um pH estável na faixa de 6,5 a 7,5 que pode ser mantido pelo ajuste da relação ácido carbônico/carbonato.

Os dois parâmetros usados freqüentemente para monitorar a estabilidade de reatores anaeróbios são a alcalinidade total (AT) e os ácidos voláteis totais (AVT). A operação satisfatória do sistema depende da manutenção de concentrações adequadas de bicarbonato e impedimento de concentrações excessivas de ácidos voláteis. Assim, a relação entre os valores de ácidos voláteis totais e a alcalinidade total (relação AVT/AT) tem sido utilizada para o monitoramento do sistema de digestão anaeróbia, considerando-se valores de 0,10 a 0,35 como típicos de reatores bem operados (RIPLEY et al., 1986).

A desestabilização de um reator anaeróbio pode ser ocasionada pelo aumento da concentração de ácidos voláteis, gerando uma redução do pH, contudo a alcalinidade presente deve ser suficiente para neutralizar os ácidos voláteis formados (NASCIMENTO, 1996).

O objetivo deste trabalho foi monitorar a partida e avaliar a utilização de um reator anaeróbio de fluxo ascendente tratando efluentes provenientes de uma indústria conserveira.

MATERIAL E MÉTODOS

Características do Sistema de Tratamento de Efluentes

O reator com altura de 6 m e volume total de 700 m³, foi construído em uma indústria de conservas de frutas e vegetais. O efluente industrial foi tratado previamente por uma peneira hidrodinâmica (superfície filtrante de perfil trapezoidal com abertura de 1,5 mm), três filtros rotativos (superfície filtrante de 3 m² e malha com abertura de 0,50 mm, 0,50 mm e 0,35 mm, respectivamente), um tanque de homogeneização (300 m³) e um tanque de equalização (27 m³) com ajuste de pH. O fluxograma da estação de tratamento de efluentes pode ser observado na figura 1.

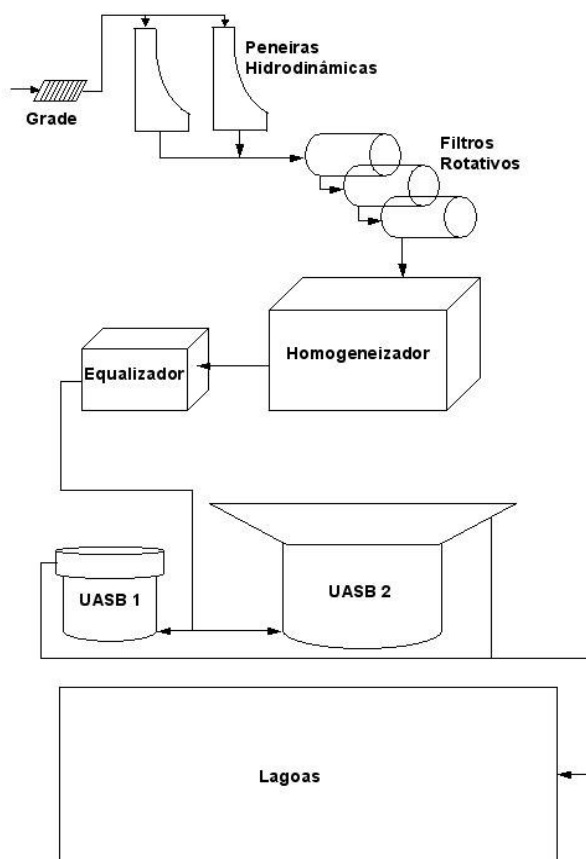


FIGURA 1: Fluxograma da estação de tratamento de efluentes

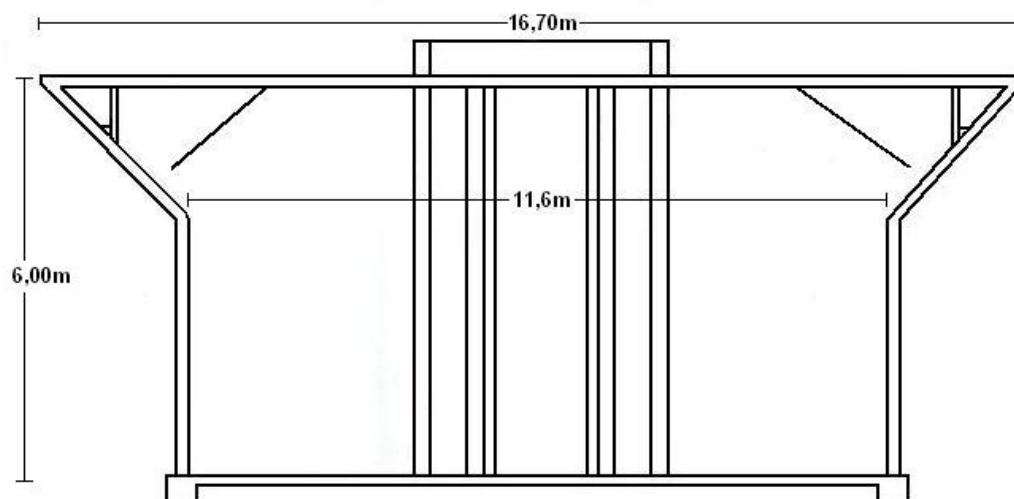


FIGURA 2: Detalhe construtivo do reator anaeróbio tipo UASB

TABELA 1: Vazões afluentes ao reator UASB

Período (dias)	Vazão (m ³)	Período (dias)	Vazão (m ³)
1-13	32,69	348-377	354,50
14-44	164,44	378-407	599,13
45-75	209,70	408-437	388,66
76-103	159,67	438-465	269,61
104-137	188,52	466-498	322,74
138-167	172,87	499-528	272,15
168-197	148,14	529-559	275,05
198-227	174,70	560-589	230,43
228-258	192,19	590-620	236,77
259-280	217,71	621-651	203,29
281-319	161,00	652-681	216,02
320-347	189,35	682-712	257,12

Características do Efluente

O efluente era coletado diariamente na entrada e saída do reator anaeróbio pelo operador da estação de tratamento e conduzido até o laboratório de água e efluentes da indústria.

O efluente industrial que alimentava o sistema foi coletado no tanque de equalização, após a correção de pH.

As características do efluente utilizado para alimentar o sistema pode ser observado na tabela 2.

TABELA 2: Características do afluente ao reator UASB

Parâmetros	Unidade	Efluente		
		mínimo	média	máximo
pH		6,50	7,90	10,50
DQO	mgO ₂ .L ⁻¹	1.822	3.780	10.276
AVT	mgH ₃ CCOOH.L ⁻¹	79	182	744
AT	mgCaCO ₃ .L ⁻¹	1.548	2.551	4.344
Rel AVT/AT		0,03	0,07	0,28
Temperatura	°C	30	34,6	38

DQO – demanda química de oxigênio; AVT – ácidos voláteis totais; AT – alcalinidade total;
Rel AVT/AT – relação entre os ácidos voláteis totais e a alcalinidade total

Inóculo

O reator foi inoculado com 36 m³ de lodo granulado, excedente de um reator UASB, utilizado para o tratamento dos efluentes de uma indústria de extração e refino de óleo de soja (Bunge Alimentos/Esteio-RS). A biomassa tinha concentração de 43 g.L⁻¹ em sólidos suspensos voláteis (SSV) e 64 g.L⁻¹ em sólidos suspensos totais (SST).

Operação e Monitoramento

O reator anaeróbio foi monitorado por 712 dias, alimentado continuamente durante 24 horas diárias, 6 dias por semana, com uma carga orgânica volumétrica de 0,40 kgDQO.m⁻³.d⁻¹ nos primeiros 13 dias de operação, atingindo valores máximos de 2,20 kgDQO e 5,29 kgDQO.m⁻³.d⁻¹ para os intervalos compreendidos entre 45-75 e 378-407 dias de operação, respectivamente.

O monitoramento e a operação do reator foi baseada nos valores da acidez volátil total, alcalinidade total e relação AVT/AT da amostra coletada na parte inferior do UASB.

Variáveis Analisadas

Os parâmetros monitorados, durante a operação do reator foram: DQO total, pH, temperatura, alcalinidade total, ácidos voláteis totais. O TDH foi calculado pela razão entre a vazão diária afluente ao reator (m³.d⁻¹) e seu volume (700 m³), a carga

orgânica volumétrica ($\text{kgDQO} \cdot \text{m}^{-3} \cdot \text{d}^{-1}$) foi obtida a partir da razão entre os valores da carga orgânica diária ($\text{kgDQO} \cdot \text{d}^{-1}$) e o volume do reator (m^3). O lodo anaeróbio foi observado diariamente, observando-se sua granulação.

As análises das amostras foram realizadas no laboratório de águas e efluentes da indústria obedecendo às técnicas recomendadas por AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION (1995).

O critério de avaliação utilizado para a avaliação do reator foi a remoção de DQO total em relação ao tempo de operação do sistema. Foram analisadas amostras coletadas na alimentação e descarga do UASB.

Os autores Da-RIN & ALMEIDA (1988), sugerem, na tentativa de uniformização das definições de parâmetros e medidas analíticas aplicadas nos trabalhos de digestão anaeróbia, que a eficiência de remoção de material orgânico pelo sistema seja calculada pela equação:

$$E = \frac{C_{\text{DQO a}} - C_{\text{DQO e}}}{C_{\text{DQO a}}} \times 100 \quad (1)$$

onde,

E = eficiência de remoção de DQO (%);

$C_{\text{DQO a}}$ = concentração da DQO na alimentação do reator ($\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$);

$C_{\text{DQO e}}$ = concentração da DQO no efluente do reator ($\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$);

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Em relação à concentração de DQO total, podemos observar na figura 2, os valores obtidos na alimentação e descarga do reator, bem como a eficiência de remoção. Observou-se que a média dos valores da DQO de descarga, nos primeiros períodos 1-13, 14-44 e 45-75 dias de operação, foi de $1.536 \text{ mgO}_2 \cdot \text{L}^{-1}$, $2.945 \text{ mgO}_2 \cdot \text{L}^{-1}$ e $2.172 \text{ mgO}_2 \cdot \text{L}^{-1}$ respectivamente. Começaram a apresentar um decréscimo, com aumento da eficiência, apenas a partir do 76º dia de operação, que ocorreu simultaneamente com a diminuição do teor de DQO total na alimentação do reator.

O intervalo compreendido entre o 14º e o 75º dia de operação corresponde aos meses de dezembro de 2005 e janeiro de 2006, período em que a empresa estava produzindo pêssegos em calda.

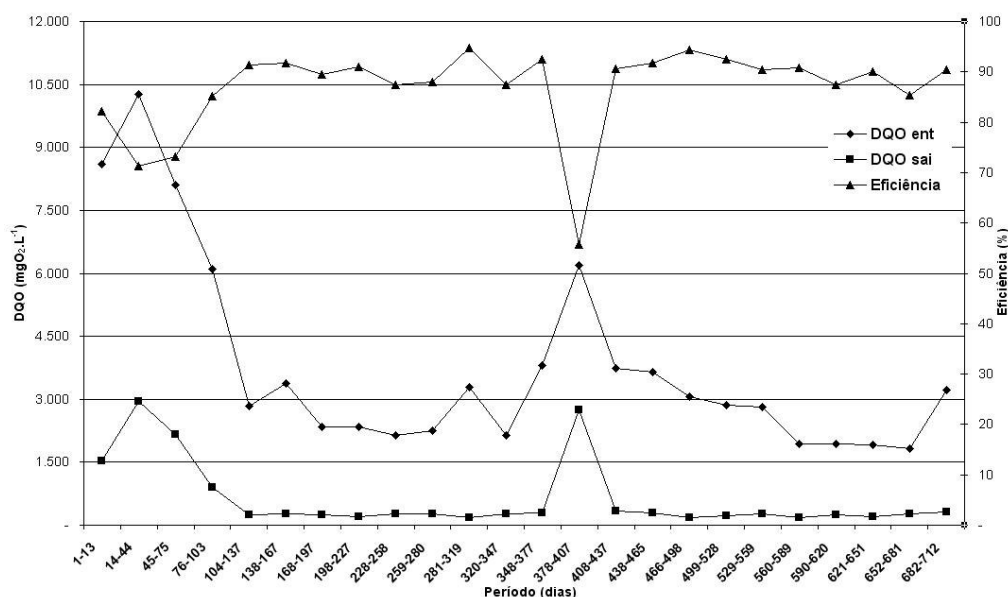


FIGURA 4: Concentração de DQO afluente e efluente no sistema e eficiência de remoção

O “*start-up*” do reator coincidiu com o período de safra de pêssegos. O processamento do pêssego gera um efluente com alta concentração de DQO oriunda, em sua maior parte, do processo de pelagem química da fruta. SIGGE & BRITZ (2007), analisando águas residuárias, provenientes de indústrias conserveiras da África do Sul, da etapa de descasque químico do pêssego, encontrou valores de DQO situados entre 45.000 mgO₂.L⁻¹ e 50.000 mgO₂.L⁻¹. No município de Pelotas, analisando-se também efluentes provenientes da etapa de descasque químico de pêssegos, foram encontrados valores médios de DQO na ordem de 27.000 mgO₂.L⁻¹ a 28.000 mgO₂.L⁻¹ (HUBER et al., 2006).

Pode-se observar que a eficiência de remoção de DQO, após o 167º dia, manteve-se em torno de 90 %, mostrando um decaimento no período compreendido entre o 378º e 407º dias de operação, que corresponde ao mês de dezembro de 2006, onde novamente estava-se processando pêssegos em calda.

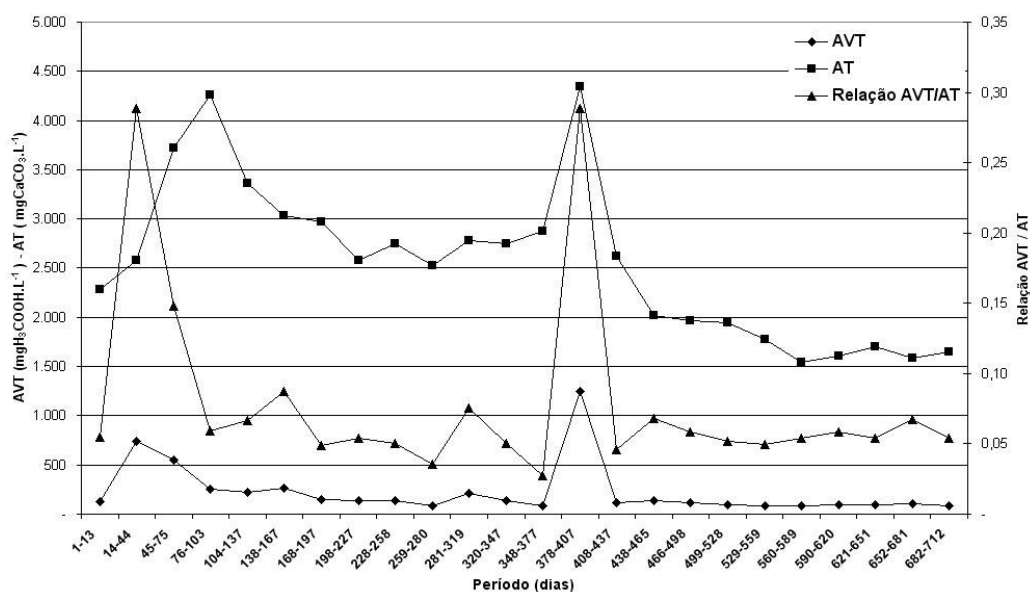


FIGURA 5: Concentração de AVT, AT e relação AVT/AT do lodo do UASB

Como pode ser observado na figura 5 os valores de acidez volátil total e alcalinidade total do lodo, tiveram uma variação de 79 mgH₃CCOOH.L⁻¹ a 1.252 mgH₃CCOOH.L⁻¹ e 1.548 mgCaCO₃.L⁻¹ à 4.344 mgCaCO₃.L⁻¹, respectivamente.

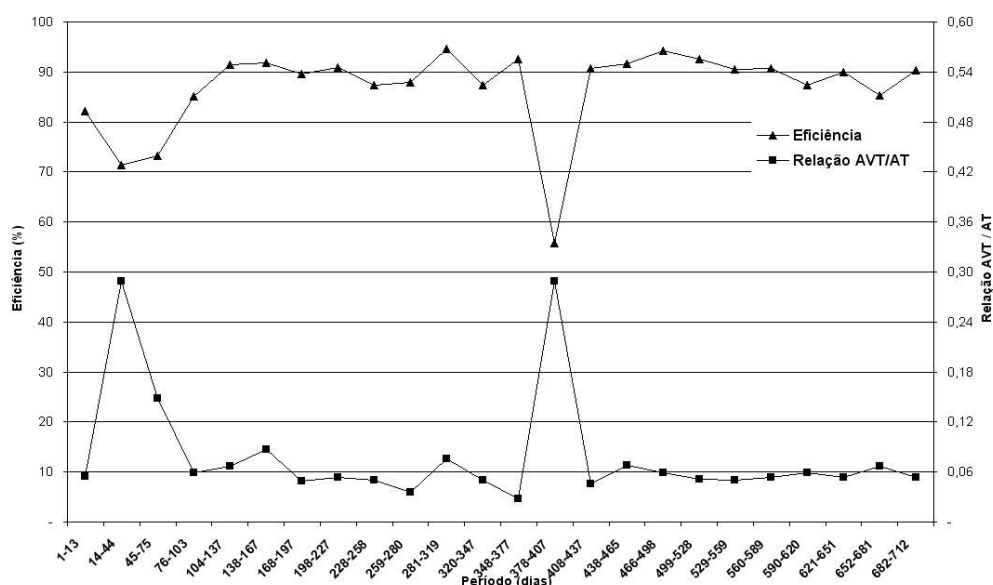


FIGURA 6: Eficiência de remoção de DQO total e relação AVT/AT do lodo do UASB

Nos períodos que correspondem à safra de pêssego (14-44 e 378-407), na figura 6, foram observados os menores valores de eficiência de remoção de DQO total do sistema (71 % e 55 %). Nos mesmos períodos observaram-se, também, os

maiores resultados da concentração de acidez volátil total e da relação AVT/AT na manta de lodo. Durante estes intervalos a relação AVT/AT foi de 0,29, estando ainda dentro da faixa de 0,10 a 0,35 recomendada por RIPLEY et al. (1986) como típicos de reatores bem operados. Os valores de AVT observados nesses dois períodos foram de $744 \text{ mgH}_3\text{CCOOH.L}^{-1}$ e $1.252 \text{ mgH}_3\text{CCOOH.L}^{-1}$, respectivamente, estando acima do limite de 200 mg.L^{-1} de ácido acético recomendado por LETTINGA (1995) para a concentração de ácido acético, em reatores UASB, operando sob condições de estabilidade.

METCALF & EDDY (2003), recomendam uma carga orgânica volumétrica aplicada de $4 \text{ kgDQO.m}^{-3}\text{d}^{-1}$ a $6 \text{ kgDQO.m}^{-3}\text{d}^{-1}$ para que se obtenha remoções de DQO total situadas entre 85 % e 95 %, em reatores operando com temperatura de 30°C . Os valores da COV aplicada nos dois períodos de safra de pêssegos, como pode se observar na figura 7, foram de $2,16 \text{ kgDQO.m}^{-3}\text{d}^{-1}$ e $5,29 \text{ kgDQO.m}^{-3}\text{d}^{-1}$.

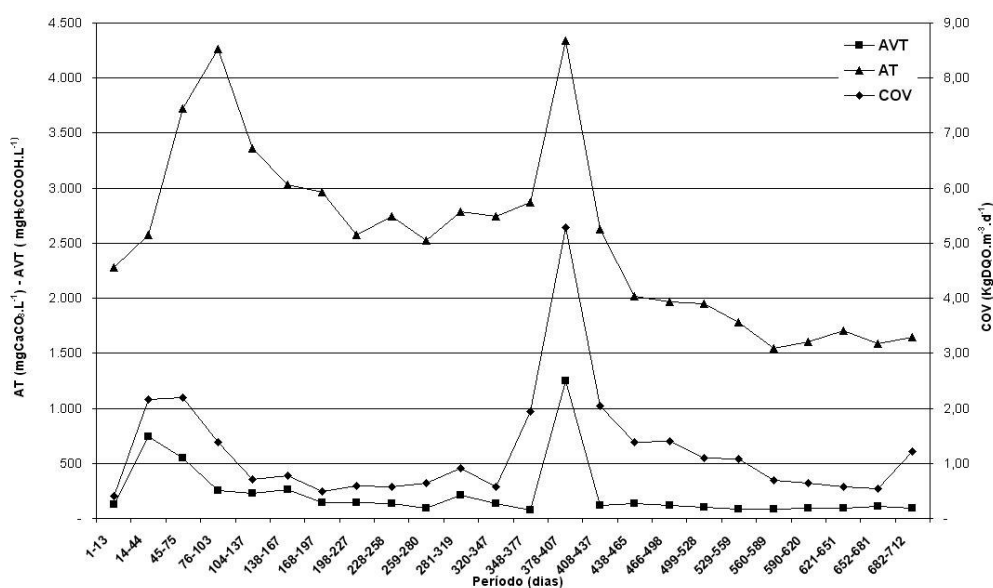


FIGURA 7: Concentração de AVT, AT do lodo do UASB e COV aplicada

PARISIS (2003), utilizando um reator UASB piloto com sistema independente de pré-acidificação para o tratamento de águas residuárias procedentes do processo de industrialização de pêssegos na Grécia, obteve resultados de remoção de DQO total em torno de 70 % com cargas orgânicas volumétricas aplicadas de $6 \text{ kgDQO.m}^{-3}\text{d}^{-1}$ a $12 \text{ kgDQO.m}^{-3}\text{d}^{-1}$. Já SIGGE & BRITZ. (2007), ao tratar o mesmo tipo de efluente, na África do Sul, utilizando um reator UASB piloto, em laboratório, trabalhou por 80 dias com cargas orgânicas crescentes de $2 \text{ kgDQO.m}^{-3}\text{d}^{-1}$ a $8 \text{ kgDQO.m}^{-3}\text{d}^{-1}$, com eficiências de remoção de DQO total de

78 % a 98 % e após 15 dias de operação com esta COV de $8 \text{ kgDQO.m}^{-3}\text{d}^{-1}$ o sistema começou a perder eficiência e após 30 dias entrou em colapso apresentado decaimento da eficiência de remoção da DQO até valores próximos a 20 %.

O aumento de 50 % na COV no experimento de RIPLEY et al. (1986) provocou um incremento de 100 % no valor da acidez volátil total, diminuição de 30 % da concentração de alcalinidade total e a relação AVT/AT chegou a atingir valores de 0,80. Um comportamento semelhante foi apresentado na figura 7. Houve no período de 14-44 dias de operação um incremento de 540 % na COV (de $0,40 \text{ kgDQO.m}^{-3}\text{d}^{-1}$ para $2,16 \text{ kgDQO.m}^{-3}\text{d}^{-1}$), 600 % na AVT (de $125 \text{ mgH}_3\text{CCOOH.L}^{-1}$ para $744 \text{ mgH}_3\text{CCOOH.L}^{-1}$) e 11,3 % na AT (de $2.280 \text{ mgCaCO}_3.\text{L}^{-1}$ para $2.576 \text{ mgCaCO}_3.\text{L}^{-1}$). No período de 378-407 dias de operação observou-se um aumento de 270 % na COV (de $1,95 \text{ kgDQO.m}^{-3}\text{d}^{-1}$ para $5,29 \text{ kgDQO.m}^{-3}\text{d}^{-1}$), 1.585 % na AVT (de $79 \text{ mgH}_3\text{CCOOH.L}^{-1}$ para $1252 \text{ mgH}_3\text{CCOOH.L}^{-1}$) e 150 % na AT (de $2.870 \text{ mgCaCO}_3.\text{L}^{-1}$ para $4.343 \text{ mgCaCO}_3.\text{L}^{-1}$), ambos comparados com os intervalos anteriores aos analisados. Pode-se associar as elevações no valor da acidez volátil total ao aumento da carga orgânica volumétrica aplicada ao sistema.

O aumento da concentração da alcalinidade foi ocasionado pela adição de bicarbonato de sódio ao efluente, que é utilizado quando o valor da relação AVT/AT atinge valores que podem levar a desestabilização do sistema de tamponamento do reator. O valor considerado crítico, baseado na experiência de operação do sistema, é quando a relação AVT/AT atinge valores iguais ou superiores a 0,20.

Na figura 8 pode-se observar que no primeiro período de funcionamento do sistema (1-13 dias) o tempo de detenção hidráulica foi de 21,4 dias. A vazão de efluente da alimentação foi gradualmente aumentada levando-se em consideração os valores das concentrações da AVT, AT e relação AVT/AT.

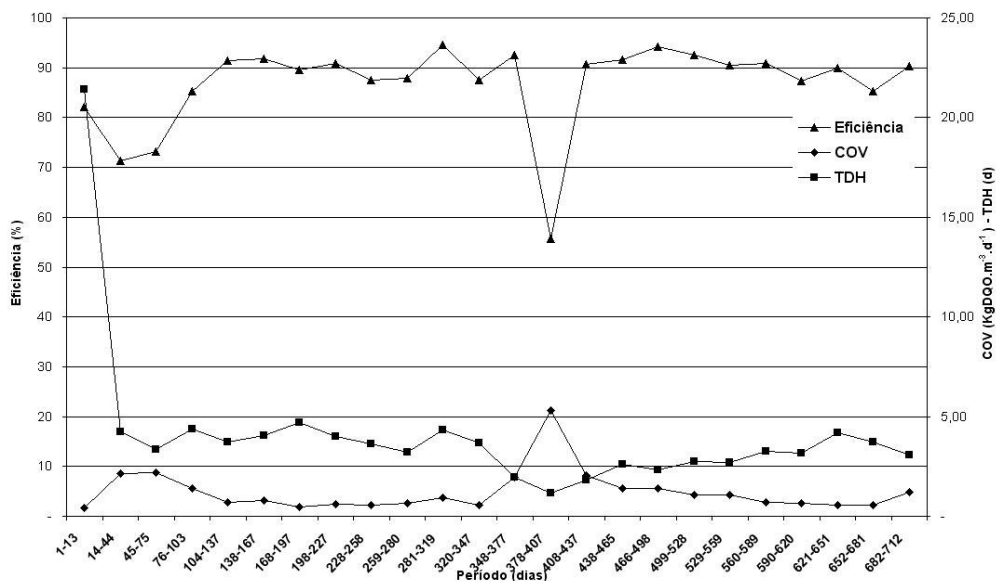


FIGURA 8: Carga orgânica volumétrica, tempo de detenção hidráulica e eficiência de remoção da DQO total

No segundo período de operação (14-44 dias) o TDH observado foi de 4,26 dias permanecendo com valores próximos a este até o período de 320-347 dias, a partir desse começou a diminuir até atingir seu valor mínimo de 1,17 dias no período compreendido entre o 378° e 407° dia de operação que foi onde se obteve o maior valor de carga orgânica volumétrica e a menor eficiência de remoção de DQO total do sistema.

IAMAMOTO et al. (2002), tratando em escala piloto águas residuárias provenientes de suinocultura obteve eficiência de remoção média de 71 % com COV aplicada de 5,31 kgDQO.m⁻³.d⁻¹ e TDH de 0,61 dias. SIGGE & BRITZ (2007), em escala piloto, tratando efluentes do processo de industrialização de pêssegos, fixou o tempo de detenção hidráulica de seu experimento em 1 dia e obteve eficiência de remoção, durante 15 dias de operação, que oscilou entre 78 % a 98 % com COV de 8 kgDQO.m⁻³.d⁻¹, após esse período o reator apresentou queda de eficiência de remoção de DQO.

CONCLUSÕES

Mesmo o “*start-up*” ocorrendo no período de safra de pêssegos, onde se verifica a geração de águas residuárias com maiores concentrações de DQO,

obteve-se reduções de 82,13 %, 71,34 % e 73,18 % da DQO total, podendo ser considerada satisfatória para a partida de um reator anaeróbio tipo UASB.

Conclui-se que o monitoramento das concentrações de acidez volátil total, alcalinidade total e principalmente, da relação AVT/AT, é de fundamental importância para a manutenção da estabilidade do sistema biológico de tratamento.

Mesmo com a sazonalidade de produtos industrializados o reator apresentou eficiência de remoção de DQO total apresentando um valor de 86,87 %, podendo ser considerado uma boa alternativa de tratamento secundário para a indústria conserveira.

REFERÊNCIAS

AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION (APHA). **Standard methods for the examination of water and wastewater**. 5. Ed., Baltimore: United Book Press Inc., 1995.

AUSTERMANN-HAUN, U.; MEYER, H.; SEYFRIED, C. F.; et al. Full-scale experiences with anaerobic/aerobic treatment plants in the food and beverage industry. **Water Science Technology**. n.40 (1), p.305-312. 1999

Da-RIN, B.P.; ALMEIDA, S. Simbologia recomendada para os processos de tratamento de efluentes. **Engenharia Sanitária**. v.27, n.2, p.119-121, abr/jun. 1988.

FRANKIN, R. J. Full-scale experiences with anaerobic treatment of industrial wastewater. **Water Science Technology**. n.44 (8), p.1-6. 2001.

FORESTI, E. **Desenvolvimento de reatores anaeróbios para o tratamento de águas residuárias**. In: "Desenvolvimento de Reatores Anaeróbios". Escola de Engenharia de São Carlos. São Carlos, 1990.

HUBER, C. S.; PEREIRA-RAMIREZ, O.; SANCHES, P. J. Minimização da geração de efluente líquido no processo de pelagem para produção de pêssego em calda,

com a utilização de um tensoativo. 2006. **Artigo submetido à Revista Brasileira de Agrociência**, Pelotas.

IAMAMOTO, C. Y.; OLIVEIRA, R. A. de; JÚNIOR, J. de L. Alcalinidade como medida de monitoramento do desempenho de reatores anaeróbios de fluxo ascendente com manta de lodo (UASB), tratando águas residuárias de suinocultura. **Engenharia Agrícola, Jaboticabal**, v.22, n.1, p.118-126, jan. 2002.

ISOLDI, L. A. **Remoção de nitrogênio de águas residuárias da industrialização de arroz por tecnologias performantes**. Pelotas, 1998. 153f. Tese (Doutorado em Biotecnologia), Centro de Biotecnologia (CENBIOT), Universidade Federal de Pelotas.

KOETZ, P. R. **Características físicas, químicas e bioquímicas dos resíduos da agroindústria de conservas vegetais**. Informativo da Embrapa, n.5, p.6-12, jun/jul, 1986.

LETINGA, G. Anaerobic and wastewater treatment systems. **Antonie van Leeuwenhoek**, Netherlands, v.67, p.3-28, 1995.

LOPES, D. D.; CAMPOS, J. R. Efeito do N-amoniaco na atividade metanogênica específica durante a degradação de glicose. In: SEMINARIO-TALLER LATINOAMERICANO SOBRE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES, 4, Bucaramanga, 19-22 de noviembre 1996. **Anales...** Bucaramanga: 1996. p.61-69.

METCALF & EDDY. **Wastewater engineering treatment and reuse**. 4^a ed. McGraw-Hill, New York, 2003. 1820p.

NASCIMENTO, R. A. **Desempenho de reator anaeróbio de manta de lodo utilizando efluentes líquidos de indústria alimentícia**. Campinas, 1996. 105f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil). Faculdade de Engenharia Civil, Universidade Estadual de Campinas.

OLIVEIRA, R. A. **Efeitos da concentração de sólidos suspensos do afluente no desempenho e características do lodo de reatores anaeróbios de fluxo ascendente com manta de lodo tratando águas residuárias de suinocultura.** São Carlos, 1997. 395f. Teses (Doutorado em Engenharia Civil) Dpto. de Hidráulica e Saneamento, Universidade de São Paulo.

PARISIS, A. **Anaerobic/aerobic treatment of peach canning wastewater.** In: 8TH INTERNATIONAL CONFERENCE ON ENVIRONMENTAL SCIENCE AND TECHNOLOGY. Lemnos Island, Greece, 2-8 de setembro de 2003.

RAMJEAWON, T. A. Modeling approach for determining the alkalinity requirement for the treatment of weakly buffered carbohydrate industrial wastewaters by the UASB process. In: WORLD CONGRESS ANAEROBIC DIGESTION, 9, 2001, Antuérpia. **Proceedings...** Antuérpia: Technological Institute, 2001. v.2, p571-574.

RIPLEY, L. E.; BOYLE, W. C.; CONVERSE, J. C. Improved alkalimetric monitoring for anaerobic digestion of high-strength wastes. **Journal WPCF**, Alexandria, v.48, n.5, p.406-411, 1986.

SIGGE, G. O.; BRITZ, T. J.; UASB treatment of a highly alkaline fruit-cannery lye-peeling wastewater. **Water SA**, v.33, n.2, abr. 2007.

TRNOVEC, W.; BRITZ, T. J. Influence of organic loading rate and hydraulic retention time on the efficiency of UASB reactor treating a canning factory effluent. **Water Science Technology**. n.24 (2), p.147-152. 1998.

VIEIRA, S. M. M. Anaerobic treatment of domestic wastewater in Brazil: research and full-scale experience. **Advanced Water Pollution Control**, n.5, p.185-196, 1988.

CONCLUSÃO GERAL

Através do primeiro estudo podemos concluir que a adição de um surfactante químico à solução de hidróxido de sódio utilizada no processo de descasque químico do pêssego, proporcionou reduções de 57,14% no consumo de hidróxido de sódio, 49,18% na geração de efluente líquido, no processo de lavagem da fruta e 42,81%, 16,02%, 45,45%, 24,16% e 31,82%, nas cargas da demanda química de oxigênio (DQO), demanda bioquímica de oxigênio (DBO), nitrogênio total Kjeldahl (NTK), sólidos suspensos totais (SST) e dos sólidos sedimentáveis (SS), respectivamente.

A possibilidade de utilização de uma temperatura inferior no procedimento 2 representa uma redução no consumo de vapor de água e combustível para alimentação dos geradores de vapor.

A carga de fósforo total no efluente gerado pelo procedimento 2 aumentou 15%, demonstrando a necessidade de pesquisa e desenvolvimento de produtos surfactantes com reduzida concentração desta substância.

No segundo trabalho pode-se observar que mesmo com o “*start-up*” do reator ocorrendo no período de produção de pêssegos, onde se verifica a geração de águas residuárias com maiores concentrações de DQO, obteve-se reduções de 82,13%, 71,34% e 73,18% da DQO total, podendo ser considerada satisfatória para a partida de um reator anaeróbio tipo UASB.

Conclui-se que o monitoramento das concentrações de acidez volátil total, alcalinidade total e principalmente, da relação AVT/AT, é de fundamental importância para a manutenção da estabilidade do sistema biológico de tratamento.

Mesmo com a sazonalidade de produtos industrializados o reator apresentou eficiência de remoção de DQO total apresentando um valor de 86,87%, podendo ser considerado uma boa alternativa de tratamento secundário para a indústria conserveira.

Devem ser conduzidos mais trabalhos como os constantes nesse estudo, visando estreitar a relação entre o meio acadêmico e os diversos setores de produção industrial existentes, os docentes e discentes participando com os conhecimentos técnicos, teóricos e práticos, e o setor industrial disponibilizando o sistema de equipamentos integrantes de seu processo de transformação visando um

benefício mútuo e promissor para a formação de profissionais, possibilitando o crescimento tecnológico industrial.

REFERÊNCIAS GERAL

AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION. **Standard methods for the examination of water and wastewater**. 5.Ed., Baltimore: United Book Press Inc., 1995.

AUSTERMANN-HAUN, U.; MEYER, H.; SEYFRIED, C. F.; et al. Full-scale experiences with anaerobic/aerobic treatment plants in the food and beverage industry. **Water Science Technology**. n.40 (1), p.305-312. 1999

BAKER, E. A.; BUKOVAC, M. J. et al. **Composition of the cuticle fruit as related to fruit growth and development**. Linnean Society Symposium Series, v.10, p.33-44, London: Academic Press, 1982.

BARTHLOTT, W.; NEINHUIS, C. et al. Classification and terminology of plant epicuticular waxes. **Journal of Experimental Botany**, p.237-260, 1998.

CARBOCLORO S.A. INDÚSTRIAS QUÍMICAS. **Especificações técnicas e características físico-químicas da soda cáustica**. Disponível em: <<http://www.carbocloro.com.br/produtos/soda.html>> Acesso em: 12 ago. 2005.

Da-RIN, B.P.; ALMEIDA, S. Simbologia recomendada para os processos de tratamento de efluentes. **Engenharia Sanitária**. v.27, n.2, p.119-121, abr/jun. 1988.

FOOD AND DRUGS ADMINISTRATION. **Food additive status list**. Code Federal Regulations 21. Disponível em: <<http://www.access.gov/nara/cfr/index.htm>> Acesso em: 10 mai. 2005.

FORESTI, E. **Desenvolvimento de reatores anaeróbios para o tratamento de águas residuárias**. In: "Desenvolvimento de Reatores Anaeróbios". Escola de Engenharia de São Carlos. São Carlos, 1990.

FRANKIN, R. J. Full-scale experiences with anaerobic treatment of industrial wastewater. **Water Science Technology**. n.44 (8), p.1-6. 2001.

HESPANHOL, I. Água e o saneamento básico: uma visão realista. In: Instituto de estudos avançados. **Águas doces no Brasil: capital ecológico, uso e conservação**. São Paulo: USP/ABC, 199. p.39-64.

HIRATA, Y. S. Nutrição, inibição, crescimento e aspectos bioquímicos. In: HIRATA, Y. S. Célula Microbiana. CURSO DE TRATAMENTO DE BIOLÓGICO DE RESÍDUOS, 3, Florianópolis – 30 de junho a 11 de julho de 1997. **Anais...** Florianópolis, 1997, p.12-13.

HOLLOWAY, P. J. **Structure and histochemistry of plant cuticular membranes: an overview**. Linnean Society Symposium Series, v.10, p.1-32, London: Academic Press, 1982.

HUBER, C. S.; PEREIRA-RAMIREZ, O.; SANCHES, P. J. Minimização da geração de efluente líquido no processo de pelagem para produção de pêssego em calda, com a utilização de um tensoativo. 2006. **Artigo submetido à Revista Brasileira de Agrociência**, Pelotas.

IAMAMOTO, C. Y.; OLIVEIRA, R. A. de; JÚNIOR, J. de L. Alcalinidade como medida de monitoramento do desempenho de reatores anaeróbios de fluxo ascendente com manta de lodo (UASB), tratando águas residuárias de suinocultura. **Engenharia Agrícola, Jaboticabal**, v.22, n.1, p.118-126, jan. 2002.

ISOLDI, L. A. **Remoção de nitrogênio de águas residuárias da industrialização de arroz por tecnologias performantes**. Pelotas, 1998. 153f. Tese (Doutorado em Biotecnologia), Centro de Biotecnologia (CENBIOT), Universidade Federal de Pelotas.

JOHNSON DIVERSEY. **Kwikpeel (VB55)**. Material Safety Data Sheet. 2003.

KOETZ, P. R. **Características físicas, químicas e bioquímicas dos resíduos da agroindústria de conservas vegetais**. Informativo da Embrapa, n.5, p.6-12, jun/jul, 1986.

KOLATTUKUDY, P. Biochemistry and function of cutin and suberin. **Canadian Journal of Botany**, p.2918-2933, 1984.

LAJOLO, F. M.; CORDENUNSI, B. R.; BASSINELO, P. J. Amylolytic activity in fruits: Comparison of different substrates and methods using banana model. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, n.50, p.5781-5786, 2002.

LETINGA, G. Anaerobic and wastewater treatment systems. **Antonie van Leeuwenhoek**, Netherlands, v.67, p.3-28, 1995.

LOPES, D. D.; CAMPOS, J. R. Efeito do N-amoniaco na atividade metanogênica específica durante a degradação de glicose. In: SEMINARIO-TALLER LATINOAMERICANO SOBRE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES, 4, Bucaramanga, 19-22 de noviembre 1996. **Anales...** Bucaramanga: 1996. p.61-69.

MEDEIROS, C. A. B.; RASEIRA, M. C. B. **A cultura do pessegueiro**. Brasília: Embrapa – SPI; Pelotas: Embrapa – CPATC, 1998.

METCALF & EDDY. **Wastewater engineering treatment and reuse**. 4^a ed. McGraw-Hill, New York, 2003. 1820p.

NASCIMENTO, R. A. **Desempenho de reator anaeróbio de manta de lodo utilizando efluentes líquidos de indústria alimentícia**. Campinas, 1996. 105f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil). Faculdade de Engenharia Civil, Universidade Estadual de Campinas.

OLIVEIRA, R. A. **Efeitos da concentração de sólidos suspensos do afluente no desempenho e características do lodo de reatores anaeróbios de fluxo ascendente com manta de lodo tratando águas residuárias de suinocultura**.

São Carlos, 1997. 395f. Teses (Doutorado em Engenharia Civil) Dpto. de Hidráulica e Saneamento, Universidade de São Paulo.

OSMAM, S. F.; GERARD, H. C. et al. Method for the production and characterization of tomato cutin oligomers. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, n.43, p.2134-2137, 1995.

PARISIS, A. **Anaerobic/aerobic treatment of peach canning wastewater**. In: 8TH INTERNATIONAL CONFERENCE ON ENVIRONMENTAL SCIENCE AND TECHNOLOGY. Lemnos Island, Greece, 2-8 de setembro de 2003.

POETSCH, P. B.; KOETZ, P. R. Sistema de determinação da atividade metanogênica específica em lodos anaeróbios. **Revista Brasileira de Agrociência**, Pelotas, v.4, n.3, p.161-165, 1998.

RAMJEAWON, T. A. Modeling approach for determining the alkalinity requirement for the treatment of weakly buffered carbohydrate industrial wastewaters by the UASB process. In: WORLD CONGRESS ANAEROBIC DIGESTION, 9, 2001, Antuérpia. **Proceedings...** Antuérpia: Technological Institute, 2001. v.2, p571-574.

RAY, A. K.; CHEN, Z. et al. **Chemical depolymerization studies of the molecular architecture of lime fruit cuticle**. *Phytochemistry*, n.49, p.65-70, 1998.

RAY, A. K.; STARK, R. E. **Isolation and molecular structure of an oligomer produced enzymatically from the cuticle of fruit**. *Phytochemistry*, n.48, p.1313-1320, 1998.

RIPLEY, L. E.; BOYLE, W. C.; CONVERSE, J. C. Improved alkalimetric monitoring for anaerobic digestion of high-strength wastes. **Journal WPCF**, Alexandria, v.48, n.5, p.406-411, 1986.

SCHÖNHERR, J. **Water permeability of isolated cuticular membranes: the effect of cuticular waxes on diffusion of water**. *Planta*, p.159-164, 1976.

SCHÖNHERR, J.; RIEDERER, M. **Desorption of chemicals from plant cuticles: evidence for asymmetry**. *Archive Environmental Contamination Toxicology*, p.13-19, 1988.

SIGGE, G. O.; BRITZ, T. J.; UASB treatment of a highly alkaline fruit-cannery lye-peeling wastewater. **Water SA**, v.33, n.2, abr. 2007.

SOUBES, M. Microbiologia de La Digestion Anaerobia. TALLER E SEMINARIO LATINOAMERICANO, 3. **Tratamiento Anaerobio de Aguas Residuales**. Montevideo-Uruguay, 1994, p.15-27.

TRNOVEC, W.; BRITZ, T. J. Influence of organic loading rate and hydraulic retention time on the efficiency of UASB reactor treating a canning factory effluent. **Water Science Technology**. n.24 (2), p.147-152. 1998.

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA. QMCWEB: Micelas & surfactantes. **Revista eletrônica do departamento de química-UFSC**. 2004. Disponível em: <<http://www.qmc.ufsc.br/quimica/index.html>>. Acesso em 20 mar. 2006.

UNITED STATES FOOD AND DRUG ADMINISTRATION. **21 code of federal regulations**. 1996. Disponível em: <<http://www.fda.gov/cder/dmpq/cgmpregs.htm>>. Acesso em: 20 mai. 2005.

VIEIRA, S. M. M. Anaerobic treatment of domestic wastewater in Brazil: research and full-scale experience. **Advanced Water Pollution Control**, n.5, p.185-196, 1988.

WAGNER, P.; FÜRSTNER, R. et al. Quantitative assessment to the structural basis of water repellency in natural and technical surfaces. **Journal of Experimental Botany**, v.54, n.385, 2003.

WALTON, T. J. **Waxes, cutin and suberin**. *Methods Plant Biochemistry*, v.4, p.106-158, New York: Academic Press, 1990.

XIUHUA, F.; FANG, Q. et al. **NMR studies of molecular structure in fruit cuticle polyesters**. *Phytochemistry* n.57, p.1035-1042, 2001.