

II-035 – ESTUDO DE TRATAMENTO BIOLÓGICO DE EFLUENTE DE INDÚSTRIA DE PESCADO FRESCO E PROPOSTA DE ALTERAÇÃO DA ESTAÇÃO DE TRATAMENTO

Verônica Marinho Fontes Alexandre⁽¹⁾

Engenheira Química pela Escola de Química da Universidade Federal do Rio de Janeiro (EQ/UFRJ). Mestranda em Tecnologia de Processos Químicos e Bioquímicos na EQ/UFRJ.

Magali Christe Cammarota

Doutora em Bioquímica pelo Instituto de Química da Universidade Federal do Rio de Janeiro (IQ/UFRJ).

Professor Associado II do Departamento de Engenharia Bioquímica da Escola de Química/UFRJ.

Endereço⁽¹⁾: Av. Horácio Macedo, 2030, Ed. Do Centro de Tecnologia, Bloco E, Sala 115 - Ilha do Fundão - Rio de Janeiro - RJ - CEP: 21941-909 - Brasil - Tel: +55 (21) 2562-7624 - e-mail: vero.marinho@gmail.com.

RESUMO

A demanda de produtos da indústria pesqueira vem crescendo ao longo dos anos e, por consequência, o mesmo se observa com relação aos resíduos gerados. Elevados volumes de efluentes líquidos são gerados, com características variáveis em função do tipo de processamento do pescado, da espécie processada e até mesmo da época do ano. Tais efluentes apresentam altas concentrações de matéria orgânica biodegradável, podendo-se empregar no seu tratamento processos biológicos ao invés de físico-químicos, que são mais caros e geram lodos de difícil tratamento e disposição. Os processos biológicos, apesar de mais econômicos, podem ser prejudicados pela gordura presente no efluente. Desta forma, o objetivo deste trabalho foi estudar os processos biológicos aeróbio e anaeróbio (em bateladas sequenciais de 24 horas e 15 dias, respectivamente) no tratamento do efluente gerado em uma indústria de pescado fresco do município de Duque de Caxias, Rio de Janeiro, para posteriormente propor uma alteração na estação de tratamento de efluentes da indústria. A atual estação de tratamento de efluentes utiliza apenas processos físico-químicos. A concentração de óleos e graxas (O&G) no efluente da indústria em questão se mantém na faixa de 200 mg/L, porém foram realizados choques de gordura (1500 mg O&G/L) para se avaliar a estabilidade dos sistemas de tratamento avaliados. O tratamento aeróbio garantiu uma remoção de DQO de até 97% após a adaptação da biomassa aos constituintes do efluente e da gordura, havendo uma pequena perda de eficiência após a realização de choques quinzenais de gordura. Mesmo assim, não houve prejuízo da sedimentabilidade do lodo, nem acúmulo de gordura no leito de lodo, indicando elevada capacidade de degradação da gordura. Ao se avaliar choques de gordura no tratamento anaeróbio, observou-se queda acentuada da eficiência (remoção de DQO e volume e taxa máxima de produção de biogás) e acúmulo de gordura no leito de lodo. Mesmo com a inibição do metabolismo, devido ao elevado teor de gordura, o efluente ao final da batelada atendia aos padrões de descarte. Os experimentos comprovaram a viabilidade do tratamento biológico, especialmente do aeróbio, mesmo mediante de choques de gordura. Se implementado na indústria, mantendo-se o sistema de flotação, a redução de custos pode chegar a quase R\$ 5.000/mês. Caso seja implementado o tratamento aeróbio sem a etapa de flotação da gordura, visto que o mesmo apresentou bom desempenho com 200 mg O&G/L, a redução de custos pode chegar a R\$ 15.000/mês.

PALAVRAS-CHAVE: pescado, efluente, tratamento biológico, custos.

INTRODUÇÃO

A indústria de pescado tem se desenvolvido muito nos últimos anos devido à crescente demanda por seus produtos. Como a demanda tem sido muito maior que a oferta, a aquicultura se mostra uma alternativa atraente para o setor pesqueiro. O Brasil, inclusive, mostra que esta tendência é real. Nos últimos dois anos, o aumento da produção pela aquicultura foi oito vezes superior ao da pesca extrativa (Delgado et al., 2003; Ministério da Pesca e Aquicultura, 2010).

As indústrias de pescado diferem não só quanto à matéria-prima e à fonte de água utilizada, mas também quanto aos esquemas de processamento e às unidades de processo. A indústria de pescado fresco na qual foram coletados o efluente e a gordura utilizados neste trabalho, por exemplo, opera com as seguintes operações: recepção, lavagem, evisceração, filetagem, classificação/seleção, congelamento, glaciamento, pesagem,

embalagem, estocagem e expedição. Os principais tipos de processamento são secagem, fermentação, enlatamento e defumação. As principais espécies de pescado utilizadas em conserva são atum e sardinha, mas também se utilizam outras espécies, além de invertebrados como camarão e lula (Rollón, 1999).

Em média, apenas 30-40% da produção global de pescados é consumida fresca. O restante é processado para consumo humano e para outros propósitos. O pescado fresco é o tipo de pescado mais utilizado para consumo humano direto (53,7% do total), seguido de pescado congelado (25,7%), pescado em conserva (11,0%) e peixe curado (9,6%) (Islam et al., 2004).

Apesar de todo o crescimento e benefícios que a produção de pescado pode trazer, esse tipo de indústria gera uma enorme quantidade de rejeitos. As emissões gasosas ocorrem devido ao uso de combustíveis para se gerar vapor, mas também são geradas no processamento da farinha de peixe. A quantidade de resíduos sólidos gerados no processamento de pescado depende da indústria, principalmente por causa da matéria-prima. Por isso, é difícil afirmar a quantidade exata de resíduos gerados. Contudo, eles são normalmente aproveitados como matéria-prima em outros tipos de processamento. Assim, os efluentes líquidos são os principais responsáveis pela carga poluidora gerada nas indústrias processadoras de pescado (Aguiar, 1987; Rollón, 1999; Sanda et al., 2003; Islam et al., 2004). No processamento de camarão, por exemplo, a cabeça, a casca e a cauda são removidas, contribuindo para 50% do volume de material bruto. Até 65% do total do atum é desperdiçado no processo de produção de atum em conserva. A geração de efluente é da ordem de 27 mil litros por tonelada de peixe, com DBO de 500 a 1500 mg/L, DQO de 1300 a 3250 mg/L e STS de 17000 mg/L, sendo 40% de origem orgânica (Mauldin e Szabo, 1974 *apud* Islam et al., 2004).

Os efluentes gerados por esse tipo de indústria apresentam grande variabilidade devido à existência de diversos tipos de matéria-prima e de processamento. A espécie processada, a época do ano, o local da pesca e os aditivos utilizados no processo são fatores que contribuem fortemente para essa variação. Em geral, o efluente apresenta elevadas vazões e concentrações de matéria orgânica, com elevados valores de demanda química e bioquímica de oxigênio (DQO e DBO, respectivamente), óleos e graxas (O&G) e sólidos suspensos. Se não tratado corretamente, os corpos receptores sofrem graves consequências, o que pode prejudicar inclusive o fornecimento da matéria-prima para a própria indústria (Rollón, 1999; Delgado et al., 2003; Sanda et al., 2003; Islam et al., 2004; Valente, 2009). O volume e as características dos efluentes de processamento de peixes e camarão normalmente apresentam grande variação. A DBO pode variar de 100 a 200000 mg/L, sólidos suspensos podem atingir concentrações de 120000 mg/L, o pH pode ser extremamente alcalino (11,0) ou extremamente ácido (3,5) e os nutrientes, como nitrogênio e fósforo, podem estar ausentes ou presentes em níveis maiores que os necessários para a degradação biológica do efluente (Islam et al., 2004).

Em todo caso, apenas o tratamento físico-químico dos efluentes gerados não é suficiente, pois a matéria orgânica está presente em suspensão e também dissolvida. Apesar de a quantidade de matéria orgânica presente ser elevada, ela é altamente biodegradável, tornando os processos biológicos adequados ao tratamento de efluentes das indústrias de pescado (Lucas et al., 2000; Valente, 2009).

A estação de tratamento de efluentes da indústria fornecedora do efluente e da gordura utilizados possui apenas tratamento físico-químico, empregando as seguintes operações: gradeamento grosseiro, gradeamento de finos, tanque de equalização, coagulação/floculação, peneiramento, flotação, tanque de oxidação com cloro e filtros de areia. O lodo gerado nas diversas etapas do tratamento sofre uma etapa de desaguagem, sendo posteriormente encaminhado para aterro. Esse sistema de tratamento empregado na indústria remove basicamente os sólidos suspensos presentes no efluente, não considerando que uma parte da matéria orgânica se encontra presente na forma dissolvida. Esta concentração residual de matéria orgânica dissolvida não só não permite o enquadramento correto do efluente nos padrões de descarte, como é agravada na etapa de oxidação com cloro, que certamente leva à formação de organoclorados, muito mais nocivos ao ambiente que a própria matéria orgânica residual. Além disso, o uso de produtos químicos (coagulantes, floculantes, cloro) associado ao transporte e à disposição do lodo gerado no tratamento aumentam o custo do mesmo.

Com base nessas colocações, foi proposta uma avaliação para aplicação de um processo biológico, reconhecidamente mais econômico que processos físico-químicos, para o tratamento do efluente gerado na indústria de pescado fresco. E para tornar a substituição de processos menos onerosa, procurou-se utilizar as unidades já existentes na estação de tratamento da indústria.

MATERIAIS E MÉTODOS

Caracterização e origem de efluente, gordura e lodo. O efluente e a gordura utilizados foram coletados em uma indústria de pescado fresco, situada em Duque de Caxias, Rio de Janeiro. O efluente foi coletado após a etapa de flotação e a gordura após sua remoção no flotor, antes da etapa de desaguagem. O lodo anaeróbio foi coletado no reator UASB (*upflow anaerobic sludge blanket*) de uma indústria de pescado em conserva, situada em São Gonçalo, Rio de Janeiro. Já o lodo aeróbio foi coletado no sedimentador do sistema de lodos ativados de uma Estação de Tratamento de Esgotos localizada na Ilha do Governador, Rio de Janeiro. Todo o material foi armazenado sob refrigeração a 4°C. O efluente apresentou DQO de 1188 mg/L, pH 7,0 e O&G de 57 mg/L e a gordura apresentou 91% de umidade e 38% de O&G em base seca. Os lodos anaeróbio e aeróbio apresentaram 51780 e 6800 mg SVS/L, respectivamente.

Tratamento biológico aeróbio. O efluente foi tratado à temperatura ambiente em um biorreator de bancada de 1L com volume útil de 500 mL, contendo inicialmente 2000 mg SVS/L. Foram realizadas bateladas sequenciais de 24 h, exceto nos finais de semana, quando o tempo de batelada era de 72 h. O efluente tinha o pH ajustado para 7,0 e era alimentado ao biorreator, que era aerado e agitado por ar difuso. O tratamento foi dividido em três fases: adaptação (sem adição de gordura), alimentação com 200 mg O&G/L e, para avaliar a estabilidade do sistema de tratamento mediante condições extremas, foram realizados quatro choques de gordura a cada 15 dias (1500 mg O&G/L), sendo monitorados os valores de pH, DQO e o acúmulo de O&G no lodo. Um determinado volume da mistura efluente e lodo era retirado todos os dias, de modo a manter uma idade do lodo de 20 dias.

Tratamento biológico anaeróbio. Os experimentos foram realizados em batelada, em frascos do tipo penicilina de 100 mL com 90 mL de volume útil. O lodo anaeróbio foi adicionado de modo que a mistura efluente e lodo contivesse 2000 mg SVS/L. Foram realizadas bateladas sequenciais com efluente contendo teores médios de 57, 200, 1500 e novamente 200 mg O&G/L. O pH do efluente em cada um dos experimentos foi ajustado para 7,0 após o ajuste do teor de O&G com a gordura. Após a mistura do efluente e da gordura ao lodo, os frascos eram fechados com batoques de borracha e lacres de alumínio, conectados a seringas plásticas graduadas de 20 mL, e incubados a 30°C até a estabilização da produção de biogás. Após a abertura dos frascos, retiraram-se amostras do sobrenadante para análise de DQO. Ao término da 3ª e 4ª bateladas, foram selecionados, aleatoriamente, três frascos para se analisar o teor de O&G, que seguiu o procedimento padrão para amostras líquidas.

Métodos analíticos. O volume de biogás foi medido pelo deslocamento do êmbolo das seringas plásticas conectadas aos frascos, sendo ao final das bateladas recolhido em ampolas gasométricas e analisado por cromatografia gasosa em cromatógrafo SHIMADZU GC – 17A, com as condições determinadas por Alves et al. (2004). A DQO e os outros parâmetros utilizados na caracterização do efluente e dos lodos foram determinados de acordo com o Standard Methods (APHA, 1992).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados obtidos no tratamento aeróbio foram analisados como um conjunto das bateladas sequenciais. As três fases distintas, adaptação ao efluente (sem adição de gordura), adição de efluente com 200 mg O&G/L e período de choques quinzenais de gordura com 1500 mg O&G/L, foram separadas nos gráficos por linhas pontilhadas. O pH inicial e o pH final mantiveram-se na faixa da neutralidade ($6,9 \pm 0,3$ e $7,1 \pm 0,7$, respectivamente), considerada ideal para a atividade de bactérias. A tabela 1 e a figura 1 mostram os resultados em termos de DQO. Na fase de adaptação, a DQO final diminuiu com o tempo, indicando adaptação da biomassa aos constituintes do efluente, e uma remoção média de $87 \pm 7\%$ foi obtida. No período de alimentação com efluente contendo 200 mg O&G/L, a remoção de DQO atingiu valores elevados, tendo aumentado para $97 \pm 2\%$. O período de choques de gordura foi separado em dois, pois a carga orgânica do efluente com 1500 mg O&G/L é extremamente elevada e foram realizadas apenas quatro bateladas com essa alimentação. Se a média fosse feita englobando todos os pontos, o desvio padrão seria muito alto e não necessariamente representaria a realidade do sistema, já que as altas concentrações de gordura foram adicionadas propositalmente, não indicando variações de amostragem ou de alimentação. Nesse período, a DQO final apresentou maiores oscilações, mas o efluente final das bateladas ainda se enquadraria no padrão de lançamento da legislação vigente (< 500 mg/L, Feema, DZ-205.R-6).

Tabela 1: Resultados do tratamento biológico aeróbio

Fase	O&G (mg/L)	DQO _{inicial} (mg/L)	DQO _{final} (mg/L)	Remoção DQO (%)
Sem gordura (19 bateladas)	57	889 ± 151	122 ± 72	87 ± 7
Com gordura (18 bateladas)	200	1787 ± 307	44 ± 22	97 ± 2
Com choques	200	1812 ± 479	156 ± 108	91 ± 7
(20 bateladas com 4 choques)	1500	10447 ± 1333	176 ± 128	98 ± 1

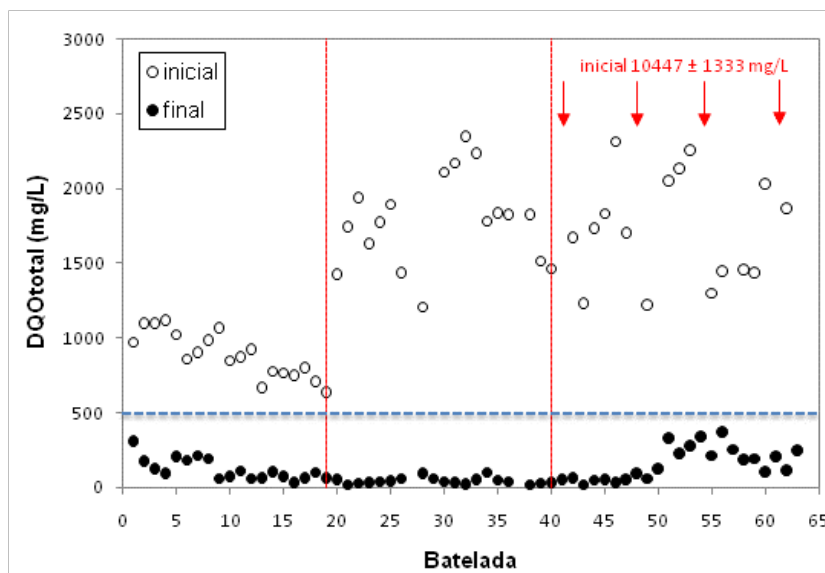


Figura 1: Acompanhamento da DQO total inicial e final no tratamento aeróbio. Setas em vermelho indicam choques de gordura (1500 mg O&G/L). Linha pontilhada em azul indica o padrão de descarte para efluente de indústria processadora de pescado.

Ao final da operação, a concentração de SVS no biorreator era de 5215 mg/L, indicando que mesmo com a retirada diária de parte da biomassa, havia crescimento elevado. Antes dos choques de gordura, o acúmulo de O&G no lodo foi de $5,9 \pm 1,5$ mg O&G/g STS. Após os choques, o acúmulo foi de $7,4 \pm 2,1$ mg O&G/g STS. Os valores próximos comprovam a elevada capacidade do sistema em degradar o efluente e a gordura em questão, sendo, portanto, uma alternativa de tratamento viável.

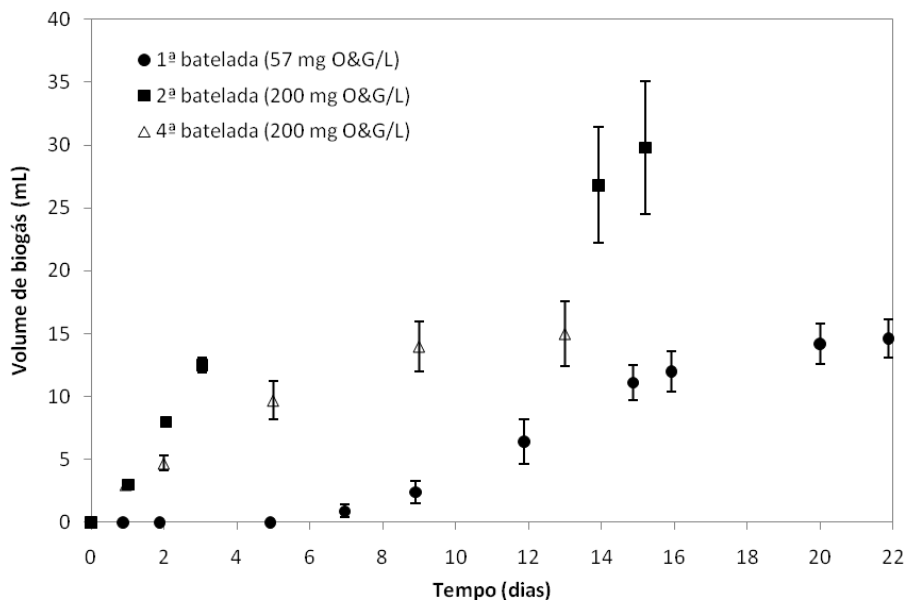
Os resultados obtidos no tratamento biológico anaeróbio encontram-se resumidos na tabela 2. A fase lag apresentada na 1ª batelada indica que a biomassa não estava adaptada aos constituintes do efluente. Nas bateladas seguintes a biomassa já se mostrou adaptada, pois a fase lag não foi detectada. Até a 3ª batelada houve aumento da remoção de DQO. Após o choque de gordura (4ª batelada), a eficiência do tratamento sofreu uma queda, provavelmente devido à maior carga orgânica ter promovido uma maior liberação no meio de ácidos graxos de cadeia longa (AGCL), conhecidos inibidores do metabolismo anaeróbio (Rollón, 1999). Este fato pode ser comprovado pelo acúmulo de O&G no frasco de penicilina (1261 ± 120 mg/L). Após a 4ª batelada, quando se restabeleceu a alimentação com 200 mg O&G/L, o teor de gordura acumulado no frasco continuou elevado (1273 ± 86 mg/L). Mesmo havendo perda de eficiência após o choque de gordura, a DQO final do efluente se manteve dentro do padrão de lançamento estabelecido pela legislação. O teor de metano produzido foi o mesmo para todas as bateladas (valores próximos a 70%), independente de o tratamento ter sido prejudicado ou não. A redução no valor da produção específica de metano (PEM) a partir da 3ª batelada comprova a hipótese de inibição da população metanogênica. Isso mostra que mesmo tendo o volume de biogás (e de metano) sido elevado no choque de gordura, a remoção de DQO pode ter sido por adsorção ao invés de biodegradação, pois apenas 33-37% da DQO removida foi convertida em metano. Apesar do maior acúmulo de O&G no lodo, os resultados obtidos também apontam para uma possível viabilidade do tratamento anaeróbio do efluente gerado na indústria de pescado fresco, pois este contém teores de O&G em torno de 200 mg/L.

Tabela 2: Resultados do tratamento biológico anaeróbio

Variáveis	1ª batelada (57 mg O&G/L)	2ª batelada (200 mg O&G/L)	3ª batelada (1500 mg O&G/L)	4ª batelada (200 mg O&G/L)
Fase lag (d)	7	< 1	< 1	< 1
DQO inicial (mg/L)	922 ± 14	1156 ± 32	8600 ± 556	1064 ± 59
DQO final (mg/L)	256 ± 11	104 ± 12	67 ± 10	151 ± 17
Remoção de DQO (%)	72 ± 1	91 ± 1	99 ± 0	86 ± 2
O&G no vol. total (mg/L)	n.a.	n.a.	1261 ± 120	1273 ± 86
Volume de biogás (mL)	14,6 ± 1,5	29,8 ± 5,3	158,3 ± 11,0	15,0 ± 2,6
Taxa máxima de produção de biogás (mL/dia)	1,42 ± 0,10	4,65 ± 0,27	12,81 ± 0,90	1,77 ± 0,46
CH ₄ (%)	73,7 ± 0,7	71,5 ± 1,2	70,0 ± 0,7	70,0 ± 1,2
PEM (% valor teórico)	47 ± 4	58 ± 11	37 ± 3	33 ± 6

n.a. = não analisado, PEM = produção específica de metano (mL CH₄/ g DQO removida), Volumes de biogás e metano medidos à 30°C e 1 atm, nestas condições o valor teórico da PEM é de 388 mL CH₄/ g DQO removida.

A figura 2 mostra o acompanhamento da produção de biogás com o tempo. Os valores referentes à 3ª batelada não se encontram no gráfico porque são muito superiores, extrapolando a escala necessária para se visualizar o efeito após o choque de gordura. Após o choque com 1500 mg O&G/L, a produção de biogás diminuiu, sendo inclusive inferior à batelada anterior ao choque. O volume de biogás produzido aumentou da 1ª para a 2ª batelada devido ao aumento do teor de gordura adicionado. Na 3ª batelada, o volume produzido foi muito superior, condizente com a carga recebida. Já na 4ª batelada, que recebeu a mesma carga que a 2ª batelada, o volume produzido diminuiu devido à inibição do metabolismo provocado pelo choque de gordura da 3ª batelada. O mesmo comportamento foi observado para a taxa máxima de produção de biogás. Devido ao choque, a taxa máxima na 4ª batelada foi 38% do valor obtido na 2ª batelada, sendo que ambas receberam alimentação com 200 mg O&G/L. Apesar da redução de DQO ter se mantido elevada em todas as bateladas, houve inibição da biomassa e acúmulo de gordura no meio.

**Figura 2: Acompanhamento da produção de biogás no tratamento anaeróbio.**

O custo da atual estação de tratamento de efluentes da indústria, para uma vazão de 8 m³/h, é de R\$ 15.665/mês, sendo 78% deste valor com produtos químicos utilizados nas etapas de coagulação/floculação e oxidação. A tabela 3 mostra os custos individuais de cada etapa.

Tabela 3: Custos operacionais na atual estação de tratamento de efluentes da indústria

Etapas	Material/Operação	Quantidade	Preço	Custo para a empresa
Coagulação/ Floculação	Sulfato de alumínio	250 kg/mês	R\$ 1,14/kg	R\$ 285/mês
	Polímero catiônico em emulsão	600 kg/mês	R\$ 12,86/kg	R\$ 7.716/mês
Flotação	Ar	30 kW/10 ³ m ³	R\$ 0,44/kWh	R\$ 76/mês
	Lodo (aterro)	12 ton/mês	R\$ 120/ton	R\$ 1.440/mês
Oxidação	Ácido sulfúrico	400 kg/mês	R\$ 6,50/75 kg	R\$ 35/mês
	Soda cáustica concentrada comercial	200 kg/mês	R\$ 5,80/25 kg	R\$ 47/mês
	Hipoclorito de sódio	6000 kg/mês	R\$ 0,75/kg	R\$ 4.500/mês
	Manutenção	10% do total		R\$ 1.566/mês
TOTAL				R\$ 15.665/mês

Fonte: Dados da indústria de pescado fresco, Vetec Química Fina, Auton Soluções Ambientais e MetCalf & Eddy (2003).

Como alternativa, propõem-se a substituição do tanque de aeração com cloro por um sistema de lodos ativados operando em batelada com aeração prolongada. Dessa forma, o próprio agitador mecânico do tanque de oxidação pode ser utilizado para aeração do sistema e o lodo de excesso é removido já estabilizado, necessitando apenas de uma etapa de desaguagem (já existente na estação de tratamento) antes da disposição final em aterro.

Sant'Anna Jr. (2010) cita valores de produção específica de lodo para unidades de lodos ativados com aeração prolongada de 0,1-0,2 kg SVS/kg DBO removida. Considerando a DQO do efluente após o flotor (média de 1000 mg/L), uma remoção de DQO de 90% (obtida na unidade de bancada com TRH de 24 h) e a vazão de efluente da indústria (8 m³/h), a produção de lodo seria de 1,08 kg SVS/h. Considerando uma relação SVS/STS de 0,8 e 60% de umidade no lodo seco (Van Haandel & Lettinga, 1994), a produção de lodo seria de 3,375 kg/h ou 2430 kg/mês. Com a eliminação do uso de reagentes químicos na etapa de oxidação com cloro, a redução do custo total da estação seria da ordem de R\$ 4.597/mês, mesmo com o custo adicional de disposição do lodo de excesso em aterro.

Ao eliminar as etapas de coagulação/floculação e flotação, os custos reduziram ainda mais. Mantendo um teor médio de 200 mg O&G/L no efluente bruto (antes da etapa de coagulação), a DQO do efluente após o flotor seria de 1800 mg/L, acarretando uma produção de lodo de 4365 kg/mês. Em compensação, o custo com produtos químicos reduziria ainda mais, fazendo com que o custo total da estação reduzisse em torno de R\$ 14.914/mês.

CONCLUSÕES

O efluente de indústria de pescado fresco avaliado é passível de tratamento biológico aeróbio e anaeróbio, sendo estes tratamentos resistentes a choques de carga sem perda significativa de eficiência. O tratamento com lodos ativados em bateladas sequenciais de 24h apresentou elevada remoção de DQO (da ordem de 90%), com lodo aeróbio apresentando elevado crescimento e boa sedimentabilidade, não havendo acúmulo de gordura no meio, indicando elevada capacidade de degradação da gordura.

O tratamento anaeróbio em bateladas sequenciais de aproximadamente 15 dias apresentou elevada remoção de DQO (da ordem de 90%), porém elevados teores de gordura reduziram a eficiência do sistema, levando à diminuição do volume e da taxa máxima de produção de biogás. Mesmo levando-se em consideração a perda de eficiência após os choques de gordura, ambos os tratamentos resultaram em um efluente que atende aos padrões de descarte em termos de DQO.

A empresa poderia reduzir seus gastos alterando sua estação de tratamento de efluentes, substituindo o tanque de oxidação com cloro por um sistema biológico. Com um sistema de lodos ativados em batelada com aeração prolongada com flotação, o custo pode ser reduzido em R\$ 4.597/mês. Eliminando também a etapa de flotação, essa economia pode chegar até R\$ 14.914/mês.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Aguiar, A. L. C. Estudo dos efluentes líquidos das indústrias fluminenses de pescado em conserva – diagnóstico e alternativas de tratamento. Tese de mestrado, 1987. COPPE/UFRJ, Rio de Janeiro, RJ, Brasil.
2. Alves, L. C., Cammarota, M. C., França, F. P., 2004. Inibição de lodo biológico anaeróbio por constituintes de efluente de laboratório de controle de poluição, submetido a Ver. Brasileira de Eng. San. e Amb., v. 10, pp. 236-242.
3. APHA, AWWA, WPCF, 1992. Standard methods for the examination of water and wastewater. 19th edition, New York.
4. Delgado, C. L., Wada, N., Rosegrant, M. W., Meijer, S., Ahmed, M., 2003. The future of fish: issue and trend to 2020 (issue brief). International Food Policy Research Institute (Washington DC) and the World Fish Center (Penang, Malaysia).
5. Feema, 2007, Diretriz de controle de carga orgânica em efluentes líquidos de origem industrial, DZ-205.R-6.
6. Islam, M. S., Khan, S., Tanaka, M., 2004. Waste loading in shrimp and fish processing effluents: potential source of hazards to the coastal and nearshore environments. Marine Pollution Bulletin 49, 103-110.
7. Lucas, A. P. C., Koetz, P. R., Przybylski, S. L. A. Tratamento anaeróbio de efluentes do processamento de corvina (*Micropogonias furneri*) em reator UASB. Vetor, v. 10, p. 113-124, 2000.
8. Mauldin, A. F., Szabo, A. J., 1974. Shrimp canning waste treatment St. Project No. S 800904. Office of Research and Development, US EPA, Washington, DC. *apud* Islam, M. S., Khan, S., Tanaka, M., 2004. Waste loading in shrimp and fish processing effluents: potential source of hazards to the coastal and nearshore environments. Marine Pollution Bulletin 49, 103-110.
9. Metcalf & Eddy. Wastewater engineering: treatment and reuse. 4th ed, McGraw-Hill, Inc. – International edition, 2003.
10. Ministério da Pesca e Aquicultura. Produção de pescado aumenta 25% nos últimos oito anos. Disponível em http://www.mpa.gov.br/#imprensa/2010/AGOSTO/nt_AGO_19-08-Producao-de-pescado-aumenta. Acesso em 24 de agosto de 2010.
11. Rollón, A. P. Anaerobic digestion of fish processing wastewater with special emphasis on hydrolysis of suspended solids. Ph.D. Thesis. Wageningen Agricultural University, Wageningen, The Netherlands.
12. Sanda, E. G., Omil, F., Lema, J. M. Clean production in fish canning industries: recovery and reuse os selected wastes. Clean Techn Environ Policy, v. 5, p. 289-294, 2003.
13. Sant'Anna Jr., G. L. Tratamento biológico de efluentes: fundamentos e aplicações. Ed. Interciência, Rio de Janeiro, 2010.
14. Valente, A. M. Aplicação de enzimas hidrolíticas no tratamento biológico anaeróbio de efluente de indústria de pescado. Tese D. Sc., 2009. Departamento de Bioquímica, IQ/UFRJ, Rio de Janeiro, RJ, Brasil.
15. Van Haandel. A. C; Lettinga, G. Tratamento anaeróbio de esgotos. Um manual para região de clima quente. Campina Grande, 1994.