

RECUPERAÇÃO DE BIOMASSA BACTERIANA PRODUZIDA NO TRATAMENTO DE EFLUENTE INDUSTRIAL

RECUPERATION OF BACTERIAL BIOMASS PRODUCED IN THE TREATMENT OF INDUSTRY EFFLUENT

Leandro Kanamaru Franco de Lima^{1*}; Elisa Helena Giglio Ponsano²; Marcos Franke Pinto³.

RESUMO

Ultimamente, tem se observado uma crescente busca por formas alternativas para o tratamento de efluentes industriais líquidos. O cultivo de microorganismos fotossintetizantes nestes efluentes representa uma alternativa biotecnológica atrativa, pois possibilita a redução da carga poluente e gera uma massa celular com potencial de aplicação. Entretanto, para a remoção da massa celular gerada nesses processos, é necessário o emprego de tecnologias específicas. Neste trabalho, *Rubrivivax gelatinosus* foi cultivada no efluente líquido de indústria de abate e processamento de pescado e a biomassa foi recuperada por duas metodologias diferentes, com o objetivo de comparar a produtividade entre elas. Adicionalmente, avaliou-se a remoção da carga poluente e comparou-se a cor das massas celulares obtidas com a de um produto comercial de referência. O cultivo foi realizado sob anaerobiose, $30 \pm 5^\circ\text{C}$ e 2.000 ± 500 lux, durante 10 dias, e a recuperação da biomassa foi realizada pelos processos A (utilizando-se centrifugação) e B (utilizando-se microfiltração tangencial). Pelos resultados, observou-se uma produtividade de $0,043$ g biomassa $\text{L}^{-1} \text{dia}^{-1}$ e redução de 52,51% da DQO no processo A. Em B, observou-se, respectivamente, $0,079$ g biomassa $\text{L}^{-1} \text{dia}^{-1}$ e 81,25%. As biomassas e o produto comercial apresentaram semelhante luminosidade e tonalidade. Houve diferença na saturação da cor entre o produto obtido da microfiltração e o comercial. Conclui-se que o sistema de microfiltração por membrana foi o melhor método para a obtenção da biomassa de *Rubrivivax gelatinosus*, promovendo uma alta redução da matéria orgânica no efluente industrial.

PALAVRAS-CHAVE: Biotecnologia, massa celular, Demanda Química de Oxigênio, colorimetria.

ABSTRACT

Recently, there has been an increasing search for alternative ways to treat industrial wastewater. The cultivation of phototrophic microorganisms in those effluents represents an attractive biotechnological alternative because it reduces the pollutant load and provides a useful biomass. However, for the removal of the cell mass provided by the process, it is necessary to use specific technologies. In this work, *Rubrivivax gelatinosus* was cultivated in wastewaters from fish slaughter and processing and the biomass was recuperated by two distinct methods, with the aim of comparing their productivities. Additionally, pollutant load decrease from both processes was evaluated and the colors of biomasses were compared to a commercial product. Cultivation was carried out under anaerobiosis, $30 \pm 5^\circ\text{C}$ and $2,000 \pm 500$ lux, during 10 days, and the biomass recuperation was performed by process A (centrifugation) and process B (cross-flow microfiltration). Results showed productivity of 0.043 g biomass $\text{L}^{-1} \text{day}^{-1}$ for process A, with a COD decrease of 52.51%. For process B, productivity was 0.079 g biomass $\text{L}^{-1} \text{day}^{-1}$, with 81.25% COD reduction. The biomasses and the commercial product had similar lightness and hue. However, there was a difference in color saturation between the product from microfiltration and the commercial pigment. This work concluded that cross-flow microfiltration was the best method for obtaining *Rubrivivax gelatinosus* biomass, providing the higher decrease of organic matter in the industrial effluent.

^{1*}Médico Veterinário, Pesquisador - Embrapa Pesca e Aquicultura - 103 Sul, Av. Juscelino Kubitschek, Conj.01, Lt. 17, térreo, Palmas, TO, 77015-012 - leandro.kanamaru@embrapa.br.

²Farmacêutica Bioquímica, Professor Adjunto - Departamento de Apoio, Produção e Saúde Animal, Curso de Medicina Veterinária, Universidade Estadual Paulista/UNESP.

³Médico Veterinário, Professor Adjunto - Departamento de Apoio, Produção e Saúde Animal, Curso de Medicina Veterinária, Universidade Estadual Paulista/UNESP.

(Recebido para Publicação em 08/07/2010, Aprovado em 16/05/2012)

KEY WORDS: Biotechnology, cell mass, Chemical Oxygen Demand, colorimetry.

INTRODUÇÃO

A indústria de alimentos é caracterizada por consumir grandes quantidades de água nas diferentes etapas de processamento industrial (CASANI et al., 2005). Consequentemente gera grande quantidade de resíduos líquidos poluentes ricos em sólidos orgânicos, cujo despejo em cursos d'água sem o devido tratamento provoca alterações do ecossistema local, levando ao aparecimento de doenças e mortes de peixes, além de odores desagradáveis (LIU, 2007). ASPÉ et al. (1997), por exemplo, relatam um fluxo de 5.000 a 10.000 litros de efluente por tonelada de peixe beneficiado para uma planta industrial de capacidade de produção entre 100 a 1.200 toneladas de peixe por hora. Este mesmo efluente foi caracterizado pelos autores mostrando pH 4,5, Demanda Química de Oxigênio (DQO) de 6.000 mg L⁻¹, sólidos totais de 39.000 mg L⁻¹ e nitrogênio total de 540 mg L⁻¹ e, conseqüentemente, apontando para a necessidade de tratamento despoluente.

A utilização de bactérias fotossintetizantes para o tratamento biológico de efluentes industriais tem sido estudada, principalmente, pela atividade despoluente desses micro-organismos e pela geração de biomassa de alto valor nutricional (GETHA et al., 1998; AZAD et al., 2001; 2003; CHORIT et al., 2002; PONSANO et al., 2003; KANTACHOTE et al., 2005). Para que a biomassa produzida nesses processos seja recuperada, diferentes tecnologias de separação podem ser utilizadas.

O sistema de microfiltração tangencial é um processo de filtração por membranas onde o afluente é bombeado por um tubo em direção paralela à superfície da membrana filtrante, gerando velocidade de escoamento ao substrato, o que impulsiona constantemente o material, limitando a formação do sedimento estático no filtro e conferindo maior rapidez ao processo (AL-MALACK & ANDERSON, 1997). A utilização dessa tecnologia, segundo JUDD & JEFFERSON (2003), pode ser uma alternativa no tratamento de efluentes domésticos e industriais para a remoção de material orgânico dissolvido e micro-organismos. Estudos conduzidos por AL-MALACK & ANDERSON (1997) e AL-MALACK (2003), avaliaram o uso deste processo como alternativa para o tratamento de águas residuárias. Parâmetros de qualidade do permeado, dificuldades operacionais e aspectos econômicos foram investigados e os resultados mostraram uma melhor qualidade do permeado, baixa dificuldade de operação e custo inferior comparado a outros tratamentos. ELMALEH & ABDELMOUMNI (1998) avaliaram a utilização de uma

unidade de microfiltração para o pós-tratamento de efluente proveniente de um reator anaeróbico. Os autores encontraram 95% de redução da carga orgânica total e remoção completa dos sólidos suspensos. Recentemente, JEISON et al. (2008) encontraram resultados satisfatórios trabalhando com membrana filtrante acoplada em reator anaeróbico com o objetivo de aumentar a eficiência de remoção de biomassa de bactérias em efluente sintético salino, detentor de alta concentração de sódio.

No presente trabalho, objetivou-se avaliar a eficiência de dois processos tecnológicos (centrifugação e microfiltração tangencial) na recuperação de biomassa de *R. gelatinosus* produzida em efluente de indústria de abate e processamento de tilápias. Adicionalmente, verificou-se a redução da carga poluente do resíduo industrial e a cor das biomassas obtidas pelos processos.

MATERIAL E MÉTODOS

Micro-organismo e preparo do inóculo

A bactéria fototrófica *R. gelatinosus* foi previamente isolada de efluente de abatedouro avícola e caracterizada com base em testes bioquímicos, morfológicos e pelo espectro de absorção de pigmentos fotossintetizantes (PONSANO et al., 2002). O preparo do inóculo foi desenvolvido em duas fases. Na primeira, uma alçada da cultura-estoque da bactéria foi transferida para tubos contendo meio de Pfennig líquido acrescido de 0,1% (v/v) das soluções de microelementos, biotina (0,0015%) e tiamina (0,005%). Esse cultivo, denominado de pré-enriquecimento, foi incubado em anaerobiose, 32 ± 2°C e 1.400 ± 200 lux. A segunda fase iniciou-se após ter sido observado o crescimento do micro-organismo nos tubos pela alteração da coloração do meio para rosa. Nessa etapa, o cultivo de pré-enriquecimento foi adicionado, em nível de 1% (v/v), a provetas de vidro que continham o mesmo meio sintético. Foram mantidas as mesmas condições de incubação. O inóculo foi considerado pronto para uso ao atingir densidade ótica de aproximadamente 0,5 a 600 nm, avaliado em espectrofotômetro (HITACHI U-1000/U-1100). Foi considerado como branco o meio Pfennig líquido sem o inóculo da bactéria.

Substrato e seu tratamento

As amostras de efluente foram obtidas no período de maior produção industrial de uma indústria de criação, abate, filetagem e congelamento de tilápias, localizado no município de Buritama-SP e com vazão diária de aproximadamente 10.000 L h⁻¹.

Galões plásticos de 50 litros foram utilizados para o transporte das amostras até o laboratório. Em seguida, o efluente foi filtrado em filtro rápido (GARDENA 1731, 50 μ m) para a remoção dos sólidos grosseiros, tratado a 65°C/30 min em tanque de pasteurização lenta (INCOMAR) e imediatamente resfriado para 25°C, estando, assim, pronto para ser utilizado como substrato para o crescimento do micro-organismo.

Reatores e condições dos cultivos

Dois reatores, denominados A e B, foram elaborados fixando-se uma coluna de vidro com

dimensões (base x largura x altura) 0,25 m x 0,25 m x 0,84 m a uma caixa de vidro de dimensões 0,48 m x 0,49 m x 0,64 m, totalizando um volume de 110 litros disponível para o cultivo. Dentro da coluna de vidro foram colocadas duas lâmpadas incandescentes de 60 W e a atmosfera de anaerobiose foi obtida preenchendo-se completamente os reatores com o substrato, seguida da colocação de uma tampa de vidro sobre o conteúdo (Figura 1).

O inóculo de *R. gelatinosus* foi transferido em nível de 1% (v/v) para os reatores contendo o efluente previamente tratado. Os cultivos foram realizados durante 10 dias, a $30 \pm 5^\circ\text{C}$ e 2.000 ± 500 lux.



Figura 1 – Reatores contendo o efluente de indústria de abate e processamento de tilápias inoculado com *R. gelatinosus*.

Obtenção da biomassa e determinação da produtividade

Após o cultivo, o conteúdo do reator A (processo A) foi centrifugado a $3.400 \times g$ durante 30 min a 5°C (INCIBRÁS SPIN VI), dando origem a um sobrenadante e a um resíduo, que foi congelado e liofilizado a -40°C (LIOBRÁS L101). O cultivo do reator B (processo B) foi submetido à microfiltração tangencial em unidade de filtração de $0,75 \text{ m}^2$, porosidade de $0,2 \mu\text{m}$, vazão de $1,5 \text{ m}^3 \text{ h}^{-1}$ e pressão de 1,5 bar (FRINGS), gerando um permeado e um concentrado, que foi congelado e liofilizado a -40°C (LIOBRÁS L101). As biomassas liofilizadas, provenientes dos processos A e B foram pulverizadas manualmente em almofariz, pesadas e armazenadas a vácuo e ao abrigo da luz. O procedimento foi repetido por quatro vezes. A produtividade dos processos foi expressa em g biomassa $\text{L}^{-1} \text{ dia}^{-1}$ (AIBA, 1982)

$$\text{Produtividade} = \text{g biomassa L}^{-1} \text{ dia}^{-1}$$

Potencial despoluente de *R. gelatinosus*

A avaliação da capacidade despoluente do micro-organismo foi realizada pela determinação da DQO no efluente cru, no sobrenadante proveniente da centrifugação (processo A) e no permeado obtido da microfiltração (processo B), segundo metodologia adaptada de JIRKA & CARTER (1975), que inclui a digestão química da amostra (reator de DQO HACH DRB200) seguida de análise colorimétrica, com base na curva de calibração previamente estabelecida (espectrofotômetro HACH DR2800). Todas as análises foram realizadas em duplicata e provenientes de quatro repetições.

Determinação da cor da biomassa

A medida dos atributos de cor (L - luminosidade, C - saturação e h - tom) das amostras de biomassa provenientes dos processos A e B foi obtida pela média de três pulsos consecutivos da câmara ótica do

espectrofotômetro MiniScan XE PLUS (HUNTER LAB), calibrado com padrões branco e preto, utilizando-se área de abertura de visão de uma polegada, iluminante D₆₅ e ângulo de 10° para o observador (CIE, 1986). Da mesma forma foi realizada a medida dos atributos de cor de um pigmento sintético comercial composto por 10% de cantaxantina, para comparação com as biomassas.

Análise estatística

Os resultados de produtividade e redução da DQO obtidos nos processos A e B foram avaliados pelo teste de Mann-Whitney, utilizando-se o software GraphPad InStat version 3.06 for Windows, GraphPad Software, San Diego California USA (www.graphpad.com). Os atributos de cor foram comparados pelo teste de Kruskal-Wallis, utilizando-

se o pacote estatístico SAS (1998). Adotou-se um nível de significância de 5% (VIEIRA, 1999).

RESULTADO E DISCUSSÃO

Produtividade e capacidade despoluente de *R. gelatinosus*

As médias e os desvios padrão das produtividades dos processos A e B, bem como as porcentagens de redução da DQO obtidas estão apresentadas na Tabela 1. Os resultados revelaram que a produtividade ($p=0,0143$) e a porcentagem de redução da DQO ($p=0,0286$), obtidas com a utilização da centrifugação, foram menores em relação à utilização da microfiltração no processo de obtenção da biomassa.

Tabela 1 – Produtividade e redução da carga poluente de efluente industrial nos processos A e B¹

Cultivo de <i>R. gelatinosus</i>	Produtividade ² (g biomassa L ⁻¹ dia ⁻¹)	Redução da DQO ² (%)
Processo A (centrifugação)	0,043±0,01	52,51±11,03
Processo B (microfiltração tangencial)	0,079±0,01	81,25±3,03

¹Valores médios e respectivos desvios padrão. ²Diferença estatisticamente significativa ($p<0,05$) entre os processos A e B.

Ambas as tecnologias utilizadas nesse trabalho podem ser empregadas para a separação das fases sólida e líquida de um determinado substrato (JUDD & JEFFERSON, 2003; WOON & LENG, 2007). A centrifugação faz o uso da rotação de alta velocidade para gerar uma força centrífuga que promove a separação dos sólidos suspensos e dos sólidos não dissolvidos pelas diferenças das densidades desses materiais contidos em um meio específico (WOON & LENG, 2007). A microfiltração tangencial é uma tecnologia de filtração por membranas onde o material líquido é forçado a passar por uma membrana em direção paralela a esta pela aplicação de uma força motriz, sendo separado em duas linhas distintas e dando origem a um permeado (parcela que passa pela membrana) e um concentrado (parcela que fica retida pela membrana) (AL-MALACK & ANDERSON, 1997). Este processo permite a remoção de sólidos e de organismos com dimensões superiores à porosidade da membrana, que passam a compor o concentrado, enquanto que o permeado fica composto de água e sólidos dissolvidos (TCHOBANOGLIOUS et al., 2003).

R. gelatinosus é uma bactéria em forma de bacilo levemente encurvado ou reto medindo entre 0,4-0,7 x 1,0-3,0 μ m, podendo atingir 15,0 μ m em culturas velhas (HOLT et al., 2000). Os resultados desse trabalho indicaram que a utilização da

microfiltração com porosidade inferior ao tamanho da bactéria (0,2 μ m) possibilitou melhor recuperação da massa celular e, consequentemente, maior produtividade. Por outro lado, a centrifugação reduziu a produtividade, provavelmente por causa das perdas de biomassa no sobrenadante descartado, o que foi evidenciado pela coloração levemente avermelhada.

AL-MALACK et al. (1998) utilizaram um sistema de microfiltração tangencial para tratamento de efluente. Os resultados demonstraram alta remoção de sólidos suspensos, algas e algumas bactérias que, para os autores, foram influenciados pelo pequeno tamanho dos poros da membrana utilizada.

O processo de centrifugação pode apresentar vantagens e desvantagens em relação à microfiltração tangencial, segundo WOON & LENG (2007). Na microfiltração tangencial, podem ocorrer fenômenos de cisalhamento celular. Além disso, a aplicação da microfiltração em processos biológicos pode ser influenciada pelo entupimento da membrana, causada por *debris* celulares que podem diminuir o fluxo do permeado e prejudicar a eficiência do processo (FRENANDER & JONSSON, 1996; KRSTIC et al., 2001). Apesar da centrifugação não gerar esses problemas, o custo operacional e a necessidade do fracionamento da amostra, o que eleva o tempo de resposta da análise, representam entraves para sua utilização (WOON & LENG, 2007).

A menor redução da DQO no processo A deveu-se à perda de biomassa no sobrenadante utilizado para a análise da DQO. A presença desse material contribuiu para o aumento da matéria orgânica detectada no teste, interferindo no resultado final. PONSANO et al. (2008) estudaram o cultivo de micro-organismo fotossintetizante em efluente de indústria avícola e encontraram reduções de DQO acima de 70% utilizando a microfiltração para a separação da biomassa do substrato. Por outro lado, CHORIT et al. (2002), em um estudo com culturas mistas de bactérias púrpuras não sulfurosas em efluente da indústria de látex de borracha, encontraram uma redução de 57% de DQO, semelhante ao encontrado nesse trabalho, utilizando a centrifugação para a separação da massa celular bacteriana do sobrenadante destinado para a avaliação da DQO.

Análise de cor da biomassa

Os parâmetros de definição da cor das biomassas dos processos A e B, e do produto pigmentante comercial estão apresentados na Tabela 2.

Tabela 2 – Atributos de cor (*L*, luminosidade; *C*, saturação; *h*, tom) da biomassa de *R. gelatinosus* dos processos A e B e de produto pigmentante sintético comercial¹

Produto pigmentante	<i>L</i>		<i>C</i>		<i>h</i>	
	\bar{X}	$\pm S$	\bar{X}	$\pm S$	\bar{X}	$\pm S$
Biomassa de <i>R. gelatinosus</i> do processo A	21,07 ^a	(1,6)	13,62 ^{ab}	(3,4)	21,19 ^a	(7,3)
Biomassa de <i>R. gelatinosus</i> do processo B	21,84 ^a	(5,7)	11,36 ^a	(0,4)	27,39 ^a	(10,4)
Produto comercial pigmentante	22,25 ^a	(0,6)	16,6 ^b	(0,1)	21,58 ^a	(0,5)

¹Médias seguidas de mesma letra não diferem estatisticamente entre si ($p > 0,05$). – média; S – desvio padrão.

Os resultados indicaram semelhanças de luminosidade e tonalidade de cor entre as biomassas obtidas dos processos A e B e o produto comercial pigmentante ($p > 0,05$). A saturação da cor da biomassa recuperada pelo sistema de membrana filtrante foi menor do que a do produto pigmentante comercial ($p < 0,05$). Isso se justifica pelo fato de que a microfiltração tangencial promove a retenção de alguns solutos e sólidos gordurosos, que provavelmente entraram na composição dessa biomassa, alterando a intensidade da cor (ALMALACK & ANDERSON, 1997).

O conhecimento dos de cor de biomassas oriundas do metabolismo de micro-organismos fotossintetizantes apresenta grande importância pela carência de dados disponíveis na literatura. Os animais são incapazes de sintetizar oxicarotenoides,

O diagrama de cor do espaço *LCh* consiste em uma esfera com três coordenadas, *L*, *C* e *h*. O eixo vertical *L* (*Lightness*) indica a luminosidade da cor e varia de zero, no limite inferior (preto absoluto) a 100, no topo (branco absoluto). As coordenadas cilíndricas *h* (*hue*) e *C* (*Chroma*) indicam a cromaticidade da cor. O eixo circular *h* define o tom da cor e pode ser visualizado realizando-se um corte horizontal no diagrama do espaço *LCh*. Tomando-se como ponto inicial 0° o eixo horizontal +*a* (vermelho), à medida que se aumenta o ângulo de tom (*h*) no sentido anti-horário, têm-se as mudanças de tom, onde 90° corresponde a +*b* (amarelo), 180° corresponde a -*a* (verde) e 270° a -*b* (azul), passando, dessa forma, por todas as cores do arco íris. O eixo *C* define a saturação ou a intensidade da cor e é representado pela distância radial do centro do espaço até o ponto da cor, variando de zero até 100 ou mais, conforme se caminha para as extremidades. Quanto mais os valores de *C* se aproximam das extremidades do diagrama, maior é a intensidade da cor (CIE, 1986; GRAPHIC QUALITY CONSULTANCY, 2009; HUNTERLAB, 2009).

o que os torna totalmente dependentes do suprimento alimentar desses componentes a fim de atingir a pigmentação desejada pelo mercado consumidor (HENCKEL, 1992). Segundo POLONIO et al. (2010) e TAKAHASHI et al. (2008), pigmentos sintéticos são amplamente empregados como aditivos alimentares para conferir pigmentação em criações de frangos de corte, galinhas poedeiras, salmonídeos, peixes ornamentais e, recentemente, trutas. O processo de produção de biomassa de *R. gelatinosus* utilizado neste trabalho representa uma alternativa biotecnológica para o tratamento de efluentes industriais líquidos, além de gerar um produto com possibilidade de aplicação na criação de animais, visando um aumento na pigmentação dos tecidos corporais.

CONCLUSÃO

O sistema de microfiltração tangencial favoreceu a maior obtenção de biomassa de *R. gelatinosus* e a maior remoção da carga poluente do efluente industrial utilizado para o cultivo. Além disso, a biomassa apresentou atributos de cor semelhantes a um produto sintético comercial de característica pigmentante.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo - FAPESP (processo Nº 07/54732-1) pelo auxílio financeiro prestado na realização desse projeto de pesquisa e à indústria Tilápia do Brasil S/A pelo fornecimento do efluente industrial.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AIBA, S. Growth kinetics of photosynthetic microorganisms. **Advanced in Biochemical Engineering**, v.23, p.85-156, 1982.
- AL-MALACK, M.H. Technical and economic aspects of cross-flow microfiltration. **Desalination**, v.155, p.89-94, 2003.
- AL-MALACK, M.H.; ANDERSON, G.K. Use of cross-flow microfiltration in wastewater treatment. **Water Research**, v.31, p.3064-3072, 1997.
- AL-MALACK, M.H.; ANDERSON, G.K.; ALMASI, A. Treatment of anoxic pond effluent using cross-flow microfiltration. **Water Research**, v.32, p.3738-3746, 1998.
- ASPÉ, E.; MARTÍ, M.C.; ROECKEL, M. Anaerobic treatment of fishery wastewater using a marine sediment inoculum. **Water Research**, v.31, p.2147-2160, 1997.
- AZAD, S.A.; VIKINESWARY, S.; CHONG, V.C.; RAMACHANDRAN, K.B. *Rhodovulum sulfidophilum* in the treatment and utilization of sardine processing wastewater. **Letters in Applied Microbiology**, v.38, p.13-18, 2003.
- AZAD, S.A.; VIKINESWARY, S.; RAMACHANDRAN, K.B.; CHONG, V.C. Growth and production of biomass of *Rhodovulum sulfidophilum* in sardine processing wastewater. **Letters in Applied Microbiology**, v.33, p.264-268, 2001.
- CASANI, S.; ROUHANYB, S.; KNØCHELA, M. A discussion paper on challenges and limitations to water reuse and hygiene in the food industry. **Water Research**, v.39, p.1134-1146, 2005.
- CHOORIT, W.; THANAKOSET, P.; THONGPRADISTHA, J.; SASAKI, K.; NOPARATNARAPORN, N. Identification and cultivation of photosynthetic bacteria in wastewater from a concentrated latex processing factory. **Biotechnology Letters**, v.24, p.1055-1058, 2002.
- CIE. **Colorimetry**, 2 ed. Central Bureau of the CIE: Vienna, 1986.
- ELMALEH, S.; ABDELMOUMNI, L. Experimental test to evaluate performance of an anaerobic reactor provided with an external membrane unit. **Water Science and Technology**, v.38, p.385-392, 1998.
- FRENANDER, U.; JONSSON, A.S. Cell harvesting by cross-flow microfiltration using a shear-enhanced module. **Biotechnology and Bioengineering**, v.52, p.397-403, 1996.
- GETHA, K.; VIKINESWARY, S.; CHONG, V.C. Isolation and growth of the phototrophic bacterium *Rhodospseudomonas palustris* strain B1 in sago-starch-processing wastewater. **World Journal of Microbiology and Biotechnology**, v.14, p.505-511, 1998.
- GRAPHIC QUALITY CONSULTANCY, **Colour management from image to print**. Disponível em: <<http://www.colourphil.co.uk/index.html>> Acesso em: 21 jun. 2010.
- HENCKEN, H. Chemical and physiological behavior of feed carotenoids and their effects on pigmentation. **Poultry Science**, v.71, p.711-717, 1992.
- HOLT, J.G.; KRIEG, N.R.; SNEATH, P.H.A.; STALEY, J.T. **Bergey's manual of determinative bacteriology**. 9 ed. Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins. 2000.
- HUNTERLAB. **Principios básicos de medida y percepción de color**. 2001. Disponível em: <<http://www.hunterlab.com/pdf/color-s.pdf>>. Acesso em: 21 jun. 2010.
- JEISON, D.; KREMER, B.; LIER, J.B.V. Application of membrane enhanced biomass retention to the anaerobic treatment of acidified wastewater under extreme saline conditions. **Separation and Purification Technology**, v.64, p.198-205, 2008.

JIRKA, A.M.; CARTER, M.J. Micro semi-automated analysis of surface and wastewaters for chemical demand oxygen. **Analytical Chemistry**, v.4, n.8, p.1937, 1975.

JUDD, S.; JEFFERSON, B. **Membranes for industrial wastewater recovery and re-use**. New York: Elsevier Science. 2003. 291p.

KANTACHOTE, D.; TORPEE, S.; UMSAKUL, K. The potential use of anoxygenic phototrophic bacteria for treating latex rubber sheet wastewater. **Electronic Journal of Biotechnology**, v.8, n.3, p.314-323, 2005.

KRSTIC, D.M.; MARKOV, S.L.; TEKIC, M.N. Membrane fouling during cross-flow microfiltration of *Polyporus squamosus* fermentation broth. **Biochemical Engineering Journal**, v.9, p.103-109, 2001.

LIU, S.X. **Food and agricultural utilization and treatment**. 1 ed. Ames: Blackwell, 2007. 277p.

POLONIO, L.B.; PONSANO, E.H.G.; PINTO, M.F.; GARCIA-NETO, M. Utilisation of bacterial (*Rubrivivax gelatinosus*) biomass for egg yolk pigmentation. **Animal Production Science**, v.50, p.1-5, 2010.

PONSANO, E.H.G.; LACAVA, P.M.; PINTO, M.F. Chemical composition of *Rhodocyclus gelatinosus* biomass produced in poultry slaughterhouse wastewater. **Brazilian Archives of Biology and Technology**, v.46, p.143-147, 2003.

PONSANO, E.H.G.; LACAVA, P.M.; PINTO, M.F. Isolation of *Rhodocyclus gelatinosus* from poultry slaughterhouse wastewater. **Brazilian Archives of Biology and Technology**, v.45, p.445-449, 2002.

PONSANO, E.H.G.; PAULINO, C.Z.; PINTO, M.F. Phototrophic growth of *Rubrivivax gelatinosus* in poultry slaughterhouse wastewater. **Bioresource Technology**, v.99, p.3836-3842, 2008.

STATISTICAL ANALYSIS SYSTEM. **SAS User's Guide**, 8. ed. Cary: SAS Institute, 2000.

TAKAHASHI, N.S.; TSUKAMOTO, R.Y.; TABAT, Y.A.; RIGOLINO, M.G. Truta salmonada: processo produtivo em constante aprimoramento no Brasil. **Panorama da Aquicultura**, n.105, p.28-33, jan/feb. 2008.

TCHOBANOGLOUS, G.; BURTON, F.L.; STENSEL, D. **Wastewater engineering: treatment disposal and reuse**. 4 ed. New York: Mc-Graw Hill, 2003. 1848p.

VIEIRA, S. **Estatística experimental**. 2 ed. São Paulo: Atlas, 1999. 185p.

WOON, W.; LEUNG, F. **Centrifugal separations in biotechnology**. Hardbound: Academic Press. 2007.