

UTILIZAÇÃO DE MODELO BIOTECNOLÓGICO - BIOREMEDIAÇÃO - EM SISTEMA BIOLÓGICO DE TRATAMENTO DE EFLUENTES DE INDÚSTRIA DE CELULOSE KRAFT BRANQUEADA

Fermiano M. Fernandes, Vera R. B. Gallardo e Nei R. Lima

Resumo

Efluentes de Indústrias de Celulose Kraft Branqueada contendo moléculas orgânicas, de alto e baixo peso molecular, apresentam uma menor relação de bioabsorção se comparada a efluentes domissanitários. O objetivo do presente estudo avalia a utilização de microorganismos alóctones (não indígenas), não manipulados geneticamente, em sistemas biológicos implementando a cinética de biodegradabilidade existente, minimizando a utilização de insumos químicos, comparado com resultados médios de 8 meses anteriores ao teste, utilizados como coadjuvantes no processo implementando ou mantendo as eficiências de remoção existente. Os resultados obtidos indicam que a utilização do modelo bioremediação, durante o período de teste industrial realizado num intervalo de noventa dias, promoveu uma otimização na relação custo/benefício dos insumos químicos mantendo os parâmetros de controle biológico do processo em níveis semelhantes às condições operacionais padrão.

Introdução

Segundo Odendahl (1994) as novas fábricas de papel e celulose são construídas visando ocasionar um mínimo impacto ambiental e que as tendências de reciclagem de água e descarga zero, consideradas uma utopia na década passada, hoje é uma realidade em termos de descargas próximas.

Corroborando para esta afirmação Gallardo (1996) relata que o processo de monitoramento dos efluentes líquidos e sólidos constitui-se não um objetivo mas bem como uma prioridade em indústrias papeleiras.

Bartha (1986) indica que a aplicação de inóculos é válida para condições de Start up, ReStartup ou ainda de aplicações contínuas em sistemas biológicos de tratamento de efluentes a fim de degradar poluentes xenobióticos críticos, sendo relatado por diversos autores Cardinal (1989), Hunter (1989), Wong (1988) e Plowman (1993) que certos microorganismos podem manter a mesma habilidade para remoção orgânica independentemente dos choques de carga.

Avaliando qual o mecanismo biológico envolvido no processo de lagoas aeradas Amy (1988) cita que a bioadsorção de moléculas orgânicas, de alto e baixo peso molecular, é a maior garantia de sedimentabilidade da biomassa envolvida, corroborando para sua hipótese Tirsh (1989) evidência que a concepção e operação de novos designs de sistemas biológicos se constituem numa nova e gratificante experiência.

Confirmando que o estudo da microfauna, Quaglia (1996), permite qualificar e quantificar os grandes grupos microbianos e seus componentes principais, Fernandes (1996, 1995) e Sweet (1992) relatam que estudos de microcosmo em laboratório servem como prova complementar de avaliação do conceito de tratabilidade a ser ensaiado em escala industrial na aplicação de modelos biotecnológicos.

Um estudo completo de aplicação de bioremediação, Dutra (1996), relata que a adição de produtos bioquímicos para controle de arraste de lodo nos decantadores secundários atinge plenamente os objetivos propostos, sendo confirmada que a aplicação de programa de bioaugmentação em piloto de lagoa aerada, Vitti (1996), promove a manutenção das eficiências de remoção de DBO e DQO, minimizando o consumo de oxigênio e nutrientes.

Experimental

Os efluentes da RIOCELL são gerados nas unidades de celulose e papel os quais são misturados aos efluentes sanitários, sendo todos monitorados por vazão e pela principal variável que caracteriza o efluente de cada setor. Os efluentes ácidos são conduzidos em linha separada dos efluentes alcalinos. O Pré-tratamento é constituído de Gradeamento para remoção de sólidos grosseiros e Desarenação para remoção de areia e argila. O Pré-tratamento é concluído com um tanque de Neutralização, recalque para o tratamento Primário e um tanque de retorno dos drenos, o qual recebe todo o sistema de drenagem da estação.

O Tratamento primário é constituído de dois Decantadores Primários, cinco trocadores de calor, tipo placa e duas lagoas de homogeneização. Os efluentes primários são elevados com bombas parafusos para o Tratamento Secundário que trata os efluentes através de um sistema de lodo ativado com oxigênio puro em reator fechado (Reator Unox). O Sistema é complementado com dois Decantadores Secundários com pontes radiais com sistema de sucção para remoção de lodo. O sistema Terciário apresenta um tratamento com precipitação química com Sulfato de Alumínio e Polieletrólito e recalque e difusor para o rio Guaíba. O Manuseio de Lodo é constituído por dois Adensadores e quatro Prensas Desaguadoras tipo "Belt Filter" e dois Silos de Lodo. O sistema de tratamento é complementado com uma lagoa de Emergência com capacidade de 40.000 metros cúbicos, para absorver picos de carga ou vazão.

Assim sendo consideramos, mediante procedimento descrito em Fernandes (1996, 1995) à consulta em banco de dados e procedimentos de microcosmos a aplicação de microorganismos, blends Bac-T-Enz 1008 e 1005, em dois pontos do sistema à saber: Entrada da Lagoa de Equalização e Retorno de Lodo Biológico.

A dosagem estimada obedeceu cronograma de aplicação constituído de quatro fases onde buscamos aclimatar a biomassa não indígena a uma participação de até 8,0% do total populacional existente, sendo calculada a quantidade específica mediante procedimento de

acompanhamento de carga e/ou vazão no período anterior à dosagem preconizada para a etapa.

Como procedimentos analíticos para monitoramento do processo foi elaborada planilha específica onde o consumo dos insumos foi acoplado à carga (em DQO) tratada no sistema. Lembramos que este procedimento, bem como toda rotina analítica executada seguir condição padrão de operação e monitoramento já existentes na planta de tratamento de efluentes.

Como metas de otimização dos insumos estabelecemos uma redução média linear de 20,0% (Tabela 1), sendo estipulado ainda a implementação dos parâmetros de eficiência de remoção conforme modelo proposto na Tabela 2.

Tabela 1 - Médias mensais de consumo específico de insumos em Kg por tonelada de DQO tratada na ETE.

Insumos Mês	Sulfato Alumínio	Polímero Não Iônico	Polímero Aniônico	Uréia	Ácido Fosfórico
11/95	230,3	0,259	0,298	28,6	7,4
12/95	321,79	0,471	0,514	16,6	7,99
01/96	289,5	0,51	0,462	15,8	10,73
02/96	265,7	0,409	0,478	21,2	8,07
05/96	288,0	0,52	0,64	24,8	8,09
06/96	324,9	0,74	0,49	20,5	7,66
07/96	352,9	0,38	0,80	28,1	12,0
08/96	287,7	0,52	0,66	19,88	5,81
Média dos meses 11/95 a 02/96	276,0	0,4	0,4	19,6	8,5
Redução estimada	224,0	0,32	0,32	15,2	6,8

Tabela 2 - Parâmetros de eficiência do Sistema Biológico em valores percentuais.

Intervalo Parâmetros	Nov 95	Dez 95	Jan 96	Fev 96	Mar 96	Média	Proposto Projeto
Relação DQO/DBO na Saída do Secundário	15,5	17,9	20,6	19,4	18,1	18,3	25,3
Redução de Cor Real no Secundário	21,0	57,0	43,4	48,6	34,0	40,8	47,8
Eficiência de Remoção DQO do Neutralizado/Secundário	76,4	79,4	72,4	75,4	73,2	75,4	82,4
Eficiência de Remoção DBO do Neutralizado/Secundário	95,8	96,0	98,1	93,8	95,0	95,7	97,7

Considerando ainda a aplicabilidade de modelos ecotoxicológicos na caracterização do efluente tratado executamos procedimentos de avaliação de toxicidade com microorganismos aquáticos, através de testes de toxicidade aguda com *Daphnia similis* (CE50-48 horas) e toxicidade crônica com *Ceriodaphnia dubia* (CENO%/UTC-7 dias)

Resultados

Observamos que os resultados obtidos no monitoramento de consumo dos insumos durante os meses de 11/96 a 01/97 foram superiores aos valores estabelecidos para o projeto (Tabela 3 e Gráficos 1, 2, 3 e 4), indicando uma redução acima dos vinte pontos percentuais estabelecidos para o projeto.

Tabela 1 - Médias mensais de consumo específico de insumos em Kg por tonelada de DQO tratada na ETE.

Insumos Mês	Sulfato Alumínio	Polímero Não Iônico	Polímero Aniônico	Uréia	Ácido Fosfórico
Período em Branco	276,0	0,4	0,4	19,6	8,5
Proposto projeto	224,0	0,32	0,32	15,2	6,8
Realizado 11/96	183,66	0,46	0,49	12,24	4,03
Realizado 12/96	209,62	0,16	0,35	16,05	5,76
Realizado 01/97	182,81	0,35	0,29	12,2	4,99
Realizado 03/97	206,0	0,24	0,26	18,21	5,11

Gráfico 1- Consumo específico de Sulfato de Alumínio por tonelada de DQO tratada.

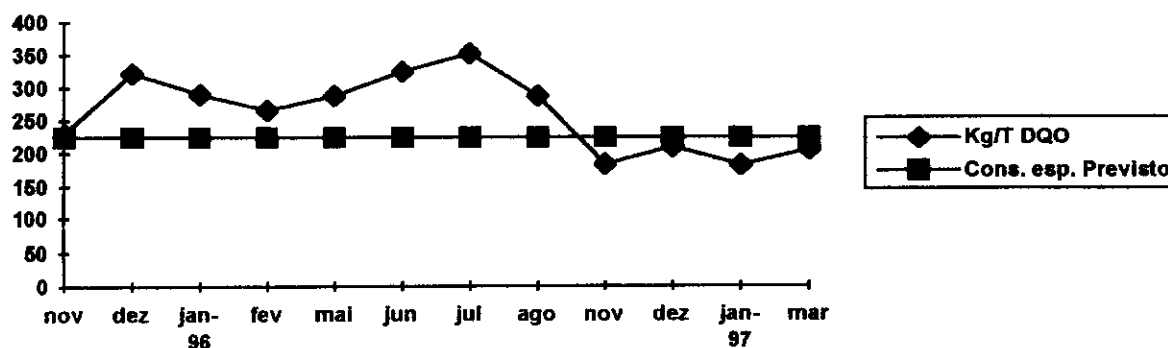


Gráfico 2- Consumo específico de Polímero Não Iônico e Aniônico por tonelada de DQO tratada.

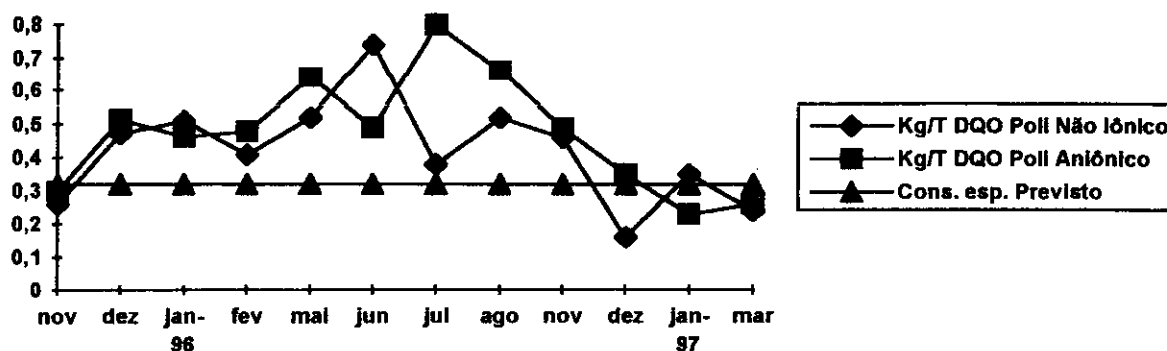


Gráfico 3- Consumo específico de Uréia por tonelada de DQO tratada.

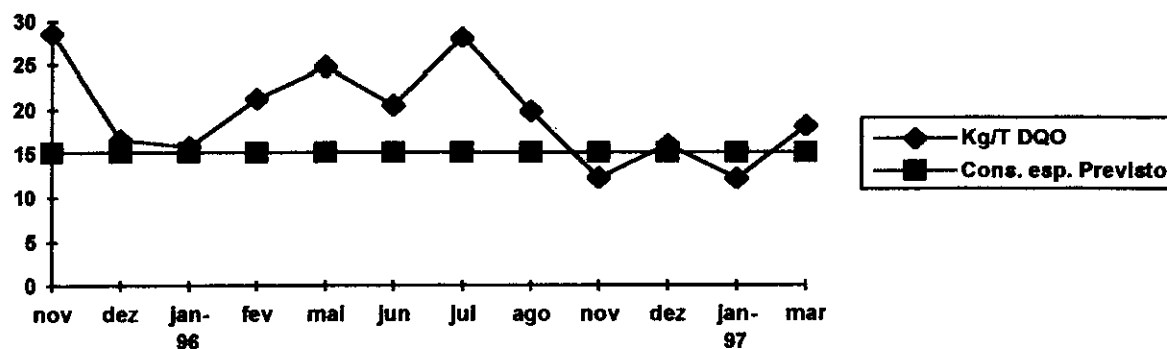
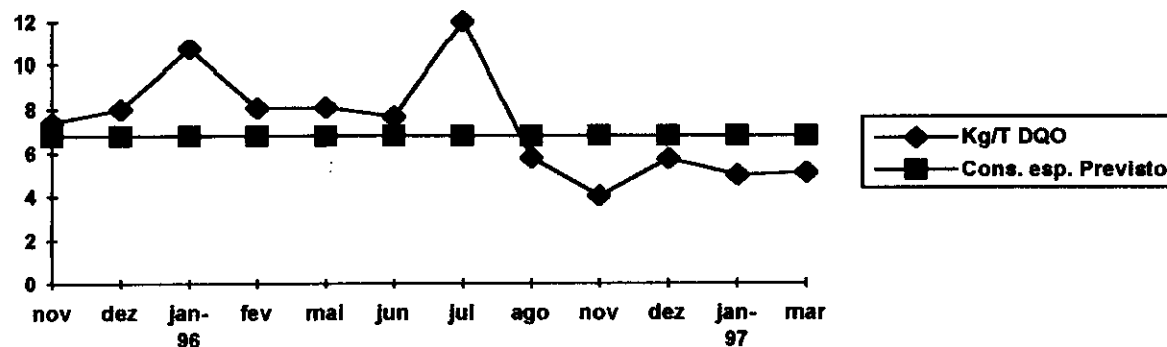


Gráfico 4- Consumo específico de Ácido Fosfórico por tonelada de DQO tratada.



Considerando-se os dados obtidos sobre parâmetros de eficiências do sistema (Tabela 4) observamos que não houve a implementação desejada na Redução de Cor Real e Eficiência de Remoção da DQO, entretanto os valores médios mensais situam-se dentre os intervalos medianos obtidos no período em branco (Tabela 2). Ressaltamos ainda que os indicadores da Eficiência de Remoção da DBO e da Relação DBO/DQO se mostraram favoráveis durante a execução do teste industrial (Tabela 4).

Tabela 4 - Comparativo de parâmetros de eficiências do processo em valores percentuais.

Intervalo Parâmetros	Média anterior	Proposto projeto	Realizado 11/96	Realizado 12/96	Realizado 01/97
Relação DQO/DBO na Saída do Secundário	18,3	25,3	29,2	23,3	35,5
Redução de Cor Real no Secundário	40,8	47,8	23,4	25,2	-13,9
Eficiência de Remoção DQO do Neutralizado/Secundário	75,4	82,4	69,8	67,4	69,9
Eficiência de Remoção DBO do Neutralizado/Secundário	95,7	97,7	96,0	95,2	97,8

A avaliação de toxicidade aguda com *D. similis* não apresentou, no período em que foi desenvolvido o projeto, nenhuma variabilidade (Tabela 5), ou seja, o efluente tratado na concentração de 100% foi classificado como N.T. (não tóxico); o controle da toxicidade crônica com *C. dubia*, manteve no primeiro mês do projeto o mesmo valor para o CENO% (concentração do efluente que não se observa efeito tóxico) e/ou Utc (unidade tóxica crônica), em relação ao mês que antecedeu a aplicação de microorganismos. Porém nos meses subsequentes, conforme observa-se na Tabela 5, ocorreu uma variabilidade quanto a toxicidade crônica. Esta variabilidade encontrada não pode ser atribuída ao uso destes blends Bac-T-Enz 1008 e 1005, pois o número de testes não foram significativos, para tal afirmação. Outro fator que deve ser considerado é que há um histórico de controle da toxicidade do efluente tratado que tem apresentado uma variação da toxicidade crônica.

Tabela 5 - Resultados das avaliações ecotoxicológicas de amostras compostas do efluente tratado com *D. similis* e *C. dubia*, no período compreendido de outubro/96 à março/97.

Período (meses)	<i>Daphnia similis</i>	<i>Ceriodaphnia dubia</i> (7dias)	
	(CE - 50 48 horas)	CENO%	UTc
10/96	N.T.	25	4,0
11/96	N.T.	25	4,0
12/96	N.T.	6	16,7
01/97	N.T.	12,5	8,0
02/97	N.T.	12,5	8,0
03/97	N.T.	50	2,0

Discussão

Acreditamos que a atividade de microorganismos não indígenas no processo promoveu uma estabilização do sistema biológico devido a uma diminuição na sensibilidade da microbiota (determinada pela presença de alguns gêneros de macroorganismos em condições sazonais) melhorando seu potencial de bioadsorção (processo no qual a microbiologia adsorve as partículas em estado coloidal) de material orgânico e sua mineralização (transformação em dióxido de carbono e água). Entretanto cabe-nos ressaltar que a compreensão da cinética de

degradabilidade envolvida no processo não pode ser completamente elucidada, contudo a diminuição na geração de lodo adensado, a ser disposto em célula de tratamento, deve ser considerado como resultado da interação microbiana estabelecida entre as populações nativas e não nativas.

Outro aspecto a se considerar para a avaliação do projeto diz respeito aos níveis de sólidos no reator biológico que se mantiveram dentro dos parâmetros operacionais convencionais do sistema, indicando um aumento na relação F/M existente.

O presente estudo terá sua confirmação com a manutenção de procedimentos operacionais em condições normais por um período de noventa dias a fim de confirmarmos os resultados obtidos durante o teste industrial (contraprova).

Agradecimentos

Os autores agradecem a participação do corpo técnico da RIOCELL, expressando ainda nossa gratidão à equipe técnica da Adesol.

Referências Bibliográficas

AMY, G. L.; BRYANT, C. W.; ALLEMAN, B. C.; BARKLEY, W. A. "Biosorption of organic halide in kraft mill generated lagoon" Journal WPCF, Volume 60, Number 8, pgs 1445-1453.

BARTHA, R. "Biotechnology of petroleum pollutant biodegradation" Microbial Ecology, Vol 12, 1986, pgs 155-172.

CARDINAL, L. J.; STENSTROM, M. K.; "Enhanced biodegradation of polyaromatic hydrocarbons in the activated sludge process" Reserch Journal WPCF, Volume 63, Number 7, pgs 950-957.

DUTRA, N. "Aplicação de aditivos bioquímicos no controle de sólidos suspensos totais em planta de lodo ativado" Trabalho apresentado no Seminário Aplicado da Biotecnologia no Controle Ambiental, na Associação Brasileira Técnica de Celulose e Papel, junho, 1996.

FERNANDES, F. M. "Utilização de microorganismos alóctones na implementação da cinética de degradabilidade em efluentes de indústrias papeleiras" Trabalho apresentado na I Reunião Nacional de Microbiologia Aplicada ao Meio Ambiente, no Instituto de Química da UNICAMP, agosto, 1996.

FERNANDES, F. M. "Utilização de microorganismos alóctones na implementação da cinética de degradabilidade em efluentes de indústria de celulose kraft branqueada" Trabalho apresentado no Seminário Aplicado da Biotecnologia no Controle Ambiental, na Associação Brasileira Técnica de Celulose e Papel, junho, 1996.

GALLARDO, V. R. B. "Monitoramento ecotoxicológico de efluentes, resíduos e insumos de uma fábrica de celulose kraft branqueada" Trabalho apresentado no Seminário Aplicado da Biotecnologia no Controle Ambiental, na Associação Brasileira Técnica de Celulose e Papel, junho, 1996.

HUNTER, M. "Biological remediation of contaminated groundwater systems" Pollution Engineering Magazine, July, 1989.

ODENDAHL, S. "Environmental protection and consumer demands: a review of trends and impacts" Pulp & Papers Canada, 95:4, 1994, pgs 30-34.

PLOWMAN, R. D. "Biodegradation deicing fluids" Deicing Fluids Update, December, 1993, Reprinted of GSE Today.

QUAGLIA, L. J. C.; FILHO, P. M. B. "Estudo da microfauna na lagoa aerada da Bahia Sul Celulose S. A." Trabalho apresentado no 29º Congresso Anual de Celulose e Papel da ABTCP, realizado em São Paulo, novembro, 1996.

SWETT, G. H. "Bioremediation : Mythis Vs. Realities" Environmental Protection, May, 1992.

TIRSCH, F. S. "Pulp and paper effluent management" Journal WPCF, Volume 61, Number 6, pgs 876-878.

VAZOLLER, R. S. "Evolução na aplicação da biotecnologia em processo industrial e em controle e monitoramento de efluentes" Trabalho apresentado no Seminário Aplicado da Biotecnologia no Controle Ambiental, na Associação Brasileira Técnica de Celulose e Papel, junho, 1996.

VITTI, J. "A aplicação da biotecnologia na Ripasa" Trabalho apresentado no Seminário Aplicado da Biotecnologia no Controle Ambiental, na Associação Brasileira Técnica de Celulose e Papel, junho, 1996.

WONG, A. D. and GOLDSMITH, C. D. "The impact of a chemostat discharge containing oil degrading bacteria on the biological kinetics of a refinery activated sludge process" Wat. Sci. tech, Volume 20, Number 11/12, 1988, pgs 131-136.