

**XI SILUBESA****Simpósio Luso-Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental**

28/03 a 02/04/2004 - Natal - Rio Grande do Norte - Brasil

II-109 – EMPREGO DE REATORES BIOLÓGICOS COM FUNGOS PARA REMOÇÃO DE PARATHION**Glória Maria Marinho Silva Sampaio⁽¹⁾**

Farmacêutica – Bioquímica pela Universidade Federal do Ceará. Mestre em Engenharia Civil – Área de Concentração Saneamento Ambiental. Professora do Centro Federal de Educação tecnológica - CE. Doutoranda em Hidráulica e Saneamento na EESC/USP.

Kelly de Araújo Rodrigues

Engenheira Civil pela Universidade Estadual do Maranhão. Mestre em Engenharia Civil – Área de Saneamento Ambiental pela Universidade Federal do Ceará. Doutoranda em Hidráulica e Saneamento (EESC – USP).

Marcelo Zaiat

Engenheiro Químico pela UFSCar. Mestre em Engenharia Química pela UFSCar. Doutor em Engenharia Hidráulica e Saneamento, EESC-USP. Professor do Departamento de Hidráulica e Saneamento da EESC-USP.

Sandra Tédde Santaella

Química e Mestre em Química pela UFSCar. Doutora em Engenharia Civil – Área de Saneamento (EESC – USP). Professora Adjunta do Departamento de Engenharia Hidráulica e Ambiental da Universidade Federal do Ceará.

Endereço⁽¹⁾: Rua 73, 71 – José Walter - Fortaleza - CE - CEP: 60751-000 - Brasil - Tel: (85) 291-1168

 gloriamarinho@benfica.cefet-ce.br

RESUMO

O presente estudo foi desenvolvido para avaliar a eficiência de remoção de metil parathion (Folisuper 600®) em matrizes aquosas através do emprego de reatores biológicos inoculados com as espécies fúngicas *Aspergillus niger* e *Penicillium marneffei*. Foram utilizados 48 reatores em batelada, divididos em oito lotes, sendo que cada lote possuía dois reatores de controle (C), apenas com metil parathion dissolvido em água destilada; dois reatores com espécies fúngicas e metil parathion dissolvido em água (PF) e dois reatores com metil parathion, fungos e glicose na concentração de 0,5g/L (PFG). Oito tempos de reação (TR) foram estudados variando de 0,4d a 32d, sendo que a concentração inicial de metil parathion variou de 10 a 14mg/L. Os parâmetros avaliados foram pH, temperatura, sólidos suspensos voláteis e concentração de metil parathion. Ao final dos 32 dias de operação os reatores PF e PFG alcançaram remoção de metil parathion de 97% e 94%, respectivamente. A análise microbiológica de amostras retiradas dos reatores ao final da operação em batelada, mostrou que nos reatores C houve crescimento da espécie fúngica *Alternaria alternata* e da bactéria *Klebsiella pneumoniae*, com predomínio da espécie fúngica; nos reatores PF a espécie inoculada *A. niger* continuou ativa durante todo experimento e houve crescimento de *Escherichia coli*, contudo, com predomínio da espécie fúngica; e nos reatores PFG verificou-se a predominância da espécie inoculada *A. niger* e a presença de bacilos Gram positivo e negativo e cocos Gram positivo. O tratamento biológico com fungos revelou-se como alternativa viável à remoção de metil parathion em matrizes aquosas. A presença de glicose nos reatores PFG não influenciou a diminuição da concentração de metil parathion.

PALAVRAS-CHAVE: Metil parathion, Fungos, Reatores Biológicos, *Aspergillus niger*, Remoção de agrotóxicos

INTRODUÇÃO

Os primeiros registros de uso de agrotóxicos datam desde a Roma antiga. Porém, os primeiros herbicidas surgiram por volta de 1900, mas o grande avanço no uso dos agrotóxicos aconteceu em 1940, com a descoberta do diclorodifeniltricloroetano (DDT) e toda a gama de organoclorados (Agrotóxicos, Revista Meio Ambiente Industrial, 2000).

Os agrotóxicos constituem um sério problema mundial devido, em grande parte, ao seu uso indiscriminado na agricultura, provocando a contaminação do meio ambiente. O potencial de contaminação destes componentes químicos em águas e sedimentos é grande devido às suas propriedades físico-químicas como solubilidade e adsorção. O fator agravante desta poluição é o poder de persistência destes compostos na natureza, formando uma cadeia de transferência de seus efeitos tóxicos aos animais e ao ser humano através da ingestão de água e alimentos contaminados.

Segundo a Fundação Nacional de Saúde, existem no Brasil cerca de 400 princípios ativos utilizados na agricultura, distribuídos em cerca de 700 marcas comerciais. Apesar do grande número comercializado, apenas 22 tipos de agrotóxicos estão previstos para serem monitorados na Portaria nº 1469 de 29/12/2000 que regula a qualidade de água para consumo humano.

O organofosforado methyl parathion (tiofosfato de dimetil - paranitrofenila) com concentração do ingrediente ativo de 600g/L, é inflamável e não corrosivo. Dentro da classificação toxicológica de acordo com a Portaria da Secretaria Nacional de Vigilância Sanitária (SNVS) Nº 10 de 1985 está enquadrado como muito tóxico (Relatório Técnico AGRIPPEC, 1987). A ação sobre o meio ambiente é de curta persistência e de degradação, entretanto, pode ter toxicidade aguda muito maior no homem. Com relação ao deslocamento apresenta um pequeno deslocamento no ambiente. A intoxicação por este organofosforado é devida à inibição da enzima acetilcolinesterase, permitindo desta forma o acúmulo de acetilcolina, que age em nível de sistema nervoso central, podendo levar à morte por falência respiratória (Hernandez *et al.*, 1998). Seu uso destina-se a uma variedade de pragas em diversas culturas.

Vários métodos são empregados para remoção de agrotóxicos em água como: degradação por radiação ultravioleta na presença de ácido húmico (Santos e Rezende, 1999), degradação utilizando radiação gama (Luchini, *et al.*, 1999), adsorção com fibras de carvão ativado (Martin-Gullón e Font, 2001), ozonização catalizada por manganês (Ma e Graham, 2000), adsorção em argila orgânica (Pal e Vanjara, 2001), processo de nanofiltração (Boussahel *et al.*, 2000), entre outros. Todos esses métodos de remoção são de natureza física, química ou físico-química e, na maioria das vezes, demandam custos mais elevados, quando comparados aos processos biológicos de tratamento.

Apesar do poder recalcitrante dos compostos químicos – agrotóxicos, o potencial fúngico para degradar polímeros tem sido amplamente estudado e em muitos casos aplicado para remoção de compostos de difícil degradação. Os fungos, de um modo geral, promovem degradação de compostos aromáticos, via os sistemas enzimáticos citocromo P450 monooxigenase e lignolítico (Prenafeto Boldú, 2002).

A espécie fúngica *Phanerochaete chrysosporium* tem sido bastante empregada devido sua habilidade em produzir enzima oxidativa extracelular, a qual é capaz de despolimerizar lignina. Além do *Phanerochaete chrysosporium*, a espécie *Coriolus versicolor* é também bastante utilizada para degradar xenobióticos, deslignificar e descolorir (Kapdan e Kargi, 2002). A espécie fúngica *Aspergillus niger* tem sido bastante utilizada em várias pesquisas com resultados promissores no Estado do Ceará como: tratamento de água residuária de indústria de beneficiamento de caju (Sampaio, 2002; Santaella *et al.*, 1999; Santos, 2001); tratamento de percolado (Facó *et al.*, 2003); tratamento de água residuária de laticínios (Sá, 1997; Rodrigues, 1998; Giffoni, 2000).

Esta pesquisa teve como proposta estudar a remoção de methyl parathion de água, utilizando reatores biológicos inoculados com espécies fúngicas. Optou-se por este agrotóxico, por ser um dos mais utilizados no estado do Ceará (Relatório Técnico Agripec, 2000).

MATERIAIS E MÉTODOS

Seleção das espécies fúngicas

Foi preparada uma solução de methyl parathion (MP) de 0,5mg/L, acrescida de glicose na concentração de 0,5g/L e distribuída em seis recipientes que ficaram expostos ao ambiente, por um período de 18 dias, tempo esse, no qual se observou mudança no aspecto macroscópico da solução. Estas amostras foram encaminhadas ao Laboratório de

Microbiologia da Faculdade de Farmácia, para análise qualitativa.

Cultivo e preparo das espécies fúngicas

Após seleção das espécies, nas quais foram identificadas *Aspergillus niger*, *Penicillium marneffei* e *Geotrichum candidum*, optou-se pelas espécies filamentosas, *A. niger* e *P. marneffei*, para serem utilizadas na operação em batelada. Os fungos filamentosos escolhidos, por possuírem características de crescimento que sobrepõem ao das leveduras, foram cultivados no Laboratório de Microbiologia da Faculdade de Farmácia - UFC, em garrafas de Roux contendo meio de cultura Sabouraud, por 28 dias, para completo crescimento das hifas.

Preparo dos substratos

Substrato 1: solução constituída por água destilada e o inseticida e acaricida tiofosfato de dimetil – paranitrofenila 600g/L, methyl parathion, produzido pela AGRÍPEC – QUÍMICA E FARMACÊUTICA S/A, na concentração de aproximadamente 12mg/L. Na Figura 1 é mostrada a estrutura química do methyl parathion.

Substrato 2: Solução constituída por água destilada, o inseticida e acaricida tiofosfato de dimetil – paranitrofenila 600g/L, parathion methyl, produzido pela AGRÍPEC – QUÍMICA E FARMACÊUTICA S/A na concentração de aproximadamente 12mg/L e glicose na concentração de 0,5g/L

Na Tabela 1 estão apresentadas as propriedades físicas e químicas do methyl parathion.

Tabela 1: Propriedades físicas e químicas do methyl parathion

Propriedades Físicas e Químicas	
Fórmula Molecular	C ₈ H ₁₀ NO ₅ PS
Massa Molecular	263,2
Ponto de Fusão	35-38°C
Ponto de Ebulição	143°C
Densidade	1,358g/L
Pressão de vapor (20°C)	1,3mPa
Solubilidade em água (25°C)	55 – 60mg/L
Coefficiente de partição	1,81 – 3,43

Fonte:IPSC International Programme on Chemical Safety – Health e Safety Guide No. 75

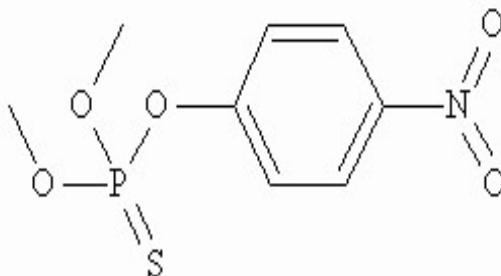


Figura 1: Estrutura química do methyl parathion

Montagem dos reatores em batelada

As espécies fúngicas cultivadas foram lavadas em água destilada, para completa remoção do meio de cultura, misturadas com água destilada e, em seguida liquidificadas para obtenção da solução fúngica.

Foram montados 48 reatores, divididos em oito lotes de seis reatores, sendo que, para cada lote, foi destinado um tempo de reação (TR). Lote 1 – TR = 10h; Lote 2 – TR = 1d; Lote 3 – TR = 4d; Lote 4 – TR = 9d; Lote 5 – TR = 16d; Lote 6 – TR = 20d; Lote 7 – TR = 25d e Lote 8 – TR = 32d. Cada lote possuía dois reatores de controle contendo 1,5L do substrato 1 (C); dois reatores contendo 1,5L de substrato 1 e 10mL de solução fúngica (PF) e dois reatores contendo 1,5L de substrato 2 e 10mL de solução fúngica (PFG). Todos reatores foram recobertos com sacos plásticos PVC preto e aerados com aeradores de aquário com capacidade de 150L/h e potência de 5W.

Antes de os reatores serem fechados, foi retirada uma alíquota de 200mL de todos reatores C, PF e PFG para a determinação dos parâmetros do TR inicial. E, após o final de cada TR também foi retirada nova alíquota para análise dos parâmetros. Durante toda operação em batelada a temperatura foi monitorada.

Os parâmetros determinados foram pH, temperatura, Sólidos Suspensos Voláteis (SSV), e concentração de parathion.

Os sólidos suspensos e pH foram determinados de acordo com as recomendações (APHA, 1995).

Para determinação do methyl parathion foi empregado um Cromatógrafo Líquido da Shimadzu (LC-10 AD) equipado com detector UV-Vis Diode Array (SPD-10AVP), forno de coluna (CTO-10AS), sistema de bomba de baixa pressão (SL-10AVP), operando com até quatro solventes. A separação do inseticida foi realizada em coluna Supelco C18 (25cm x 4,6mm D.I; partículas de 5µm) nas seguintes condições cromatográficas: sistema de gradiente com fase móvel acetonitrila:água – 80%, tempo de corrida inicialmente de oito minutos e depois de cinco minutos, detecção em comprimento de onda de 270nm e volume de injeção de 20µL). Na Figura 2 é mostrado o espectro no UV do methyl parathion, o qual foi comparado com as amostras obtidas dos reatores "batch".

Ao final da operação foram retiradas amostras dos reatores C, PF e PFG para nova análise microbiológica da biota.

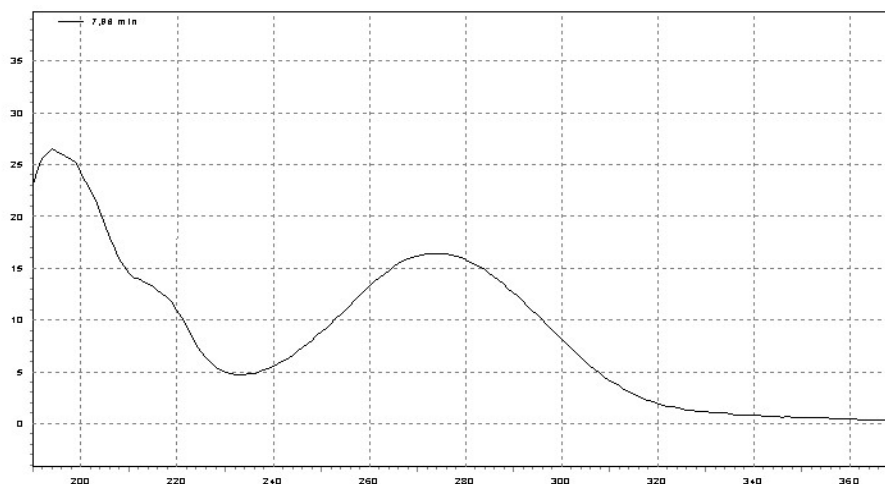


Figura 2: Espectro no UV do methyl parathion

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O potencial fúngico de degradação foi testado em reatores com água destilada e methyl parathion (MP). Os resultados das determinações das amostras revelaram diminuição da concentração de methyl parathion, em todos os reatores, como mostrado na Figura 3.

Como MP é estável na faixa de pH entre 1 e 7 (IPCS, 1992), pode-se observar que em todos os reatores de C, PF e PFG, o pH manteve-se sempre numa faixa ácida (Figura 4), condição esta, que não favoreceu a decomposição do methyl parathion. Santos e Rezende (2001), também, verificaram que não houve hidrólise química do MP em água com valores de pH na faixa que varia de ácida a neutra.

O decaimento da concentração de methyl parathion em todos os reatores, não pode ser associado nem ao pH do meio, pois sua decomposição só seria favorecida em condições alcalinas, nem à fotodecomposição, pois todos os reatores, durante toda a operação, foram protegidos da luz. Portanto, a remoção de methyl parathion do meio foi exclusivamente,

devido aos fungos, que devem ter utilizado este composto como fonte de carbono, ou o composto pode ter ficado adsorvido na massa microbiana. Apesar de o pH do meio ser desfavorável para a decomposição do MP, a faixa encontrada durante o experimento (3,4 a 6,4), forneceu condições ideais para o crescimento dos fungos. Coral *et al.* constataram em seu estudo que a enzima carboximetil celulase, produzida pela espécie *Aspergillus niger* Z10, teve ótima atividade numa ampla faixa de pH entre 3 e 9, sendo seu maior pico de atividade nos valores de pH 4,4 e 7,5.

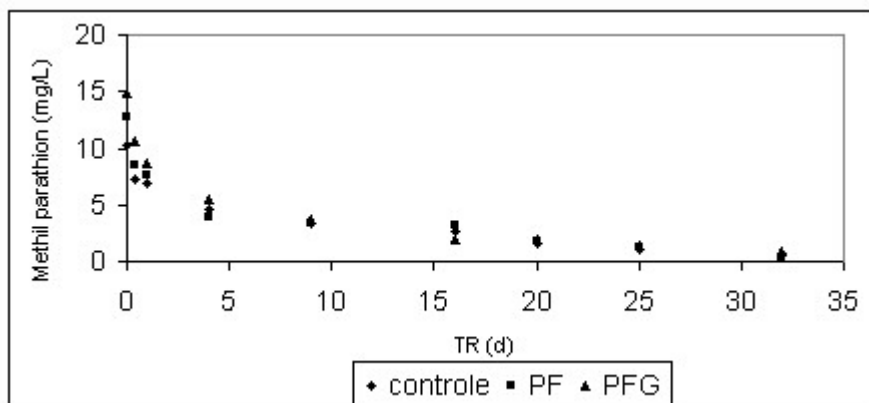


Figura 3: Variação da concentração de metil parathion em função do TR

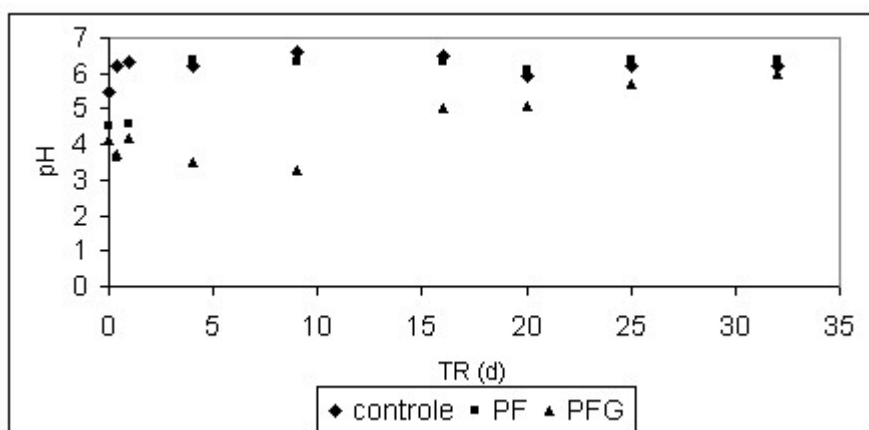


Figura 4: Variação do pH em função do TR

Quando se comparam os cromatogramas do início da operação TR = 0d com os cromatogramas do TR = 32d (Figuras 5a a 5f), nos reatores C, PF e PFG, percebe-se que houve uma metabolização do metil parathion, pois a área do pico mostrada no início da operação (TR = 0d) reduziu-se, como pode ser visto na Figura 5b, 5d e 5f e outros picos aparecem sugerindo a formação de novos compostos, provavelmente, seus metabólitos: paraoxon, aminofenol e p-nitrofenol. Luchini *et al.* (1995), identificaram esses metabólitos em estudo utilizando radiação gama do cobalto – 60, para induzir a degradação de parathion em solução aquosa. Como houve formação de novos compostos o processo de adsorção é descartado como responsável pela remoção do MP.

Provavelmente, a ação de enzimas produzidas pelos fungos, seja a responsável pela degradação de metil parathion A condição do meio, com faixa de pH entre 3,3 e 6,4 encontrada durante toda operação, favoreceu o crescimento fúngico, por ser essa faixa considerada ótima para o crescimento (Griffin, 1993). Essa faixa de pH, também, favorece para o *Aspergillus niger*, a indução dos sistemas enzimáticos: glicose oxidase, catalase e lactanase, que propiciam condições adequadas para o seu crescimento (Witteveen, 1973). Além desses sistemas, dois outros sistemas enzimáticos, estão presentes nos fungos: citocromo P450 monooxigenase e lignolítico (Prenafeta Boldú, 2002).

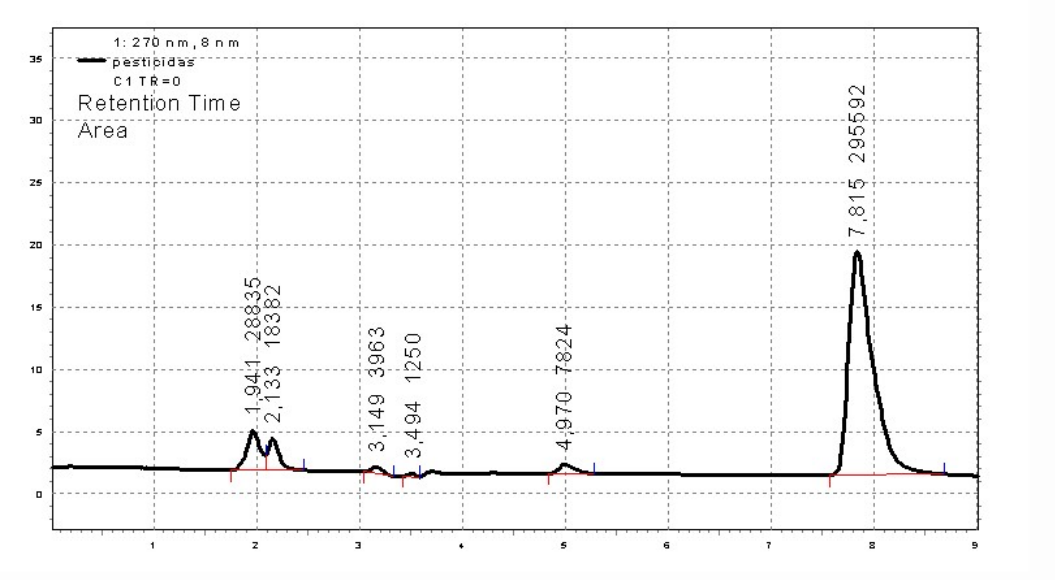


Figura 5a: Cromatograma do methyl parathion (controle) no TR = 0d

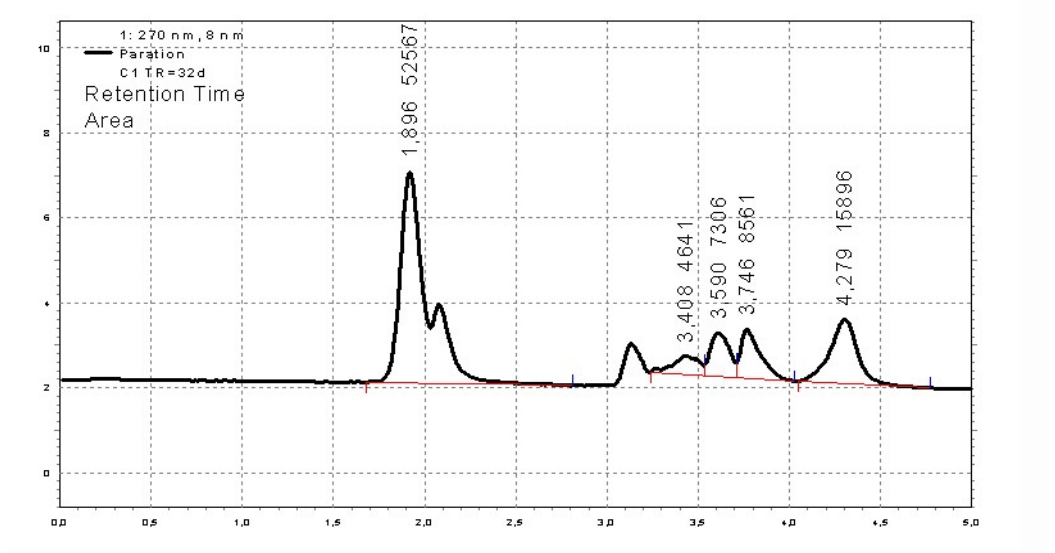


Figura 5b: Cromatograma domethyl parathion (controle) no TR = 32d

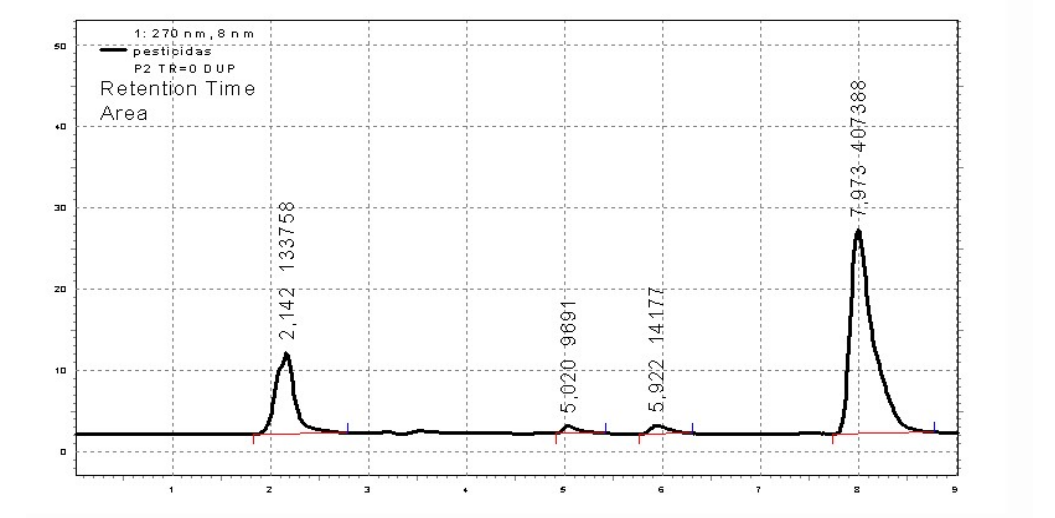


Figura 5c: Cromatograma do methyl parathion (PF) no TR = 0d

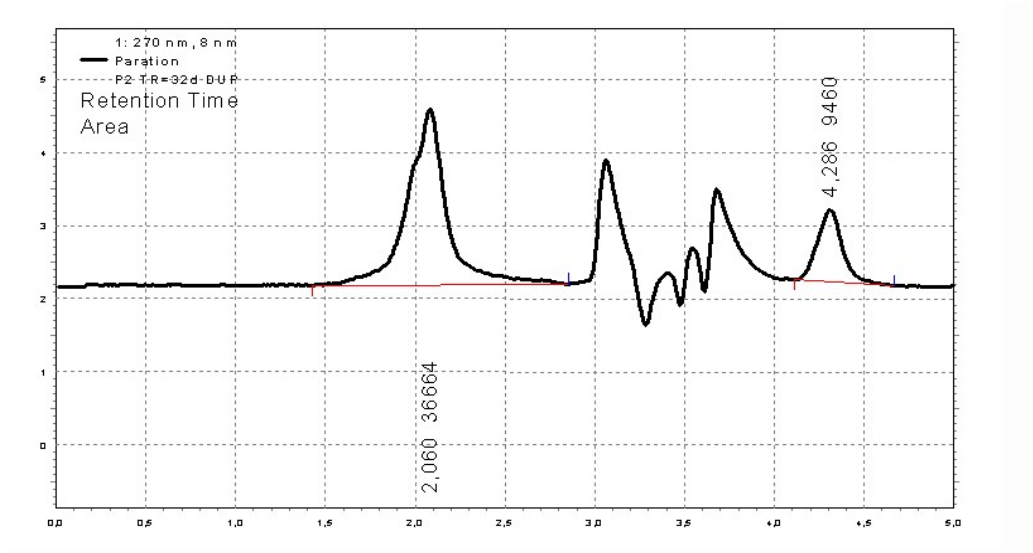


Figura 5d: Cromatograma do methyl parathion (PF) no TR = 32d

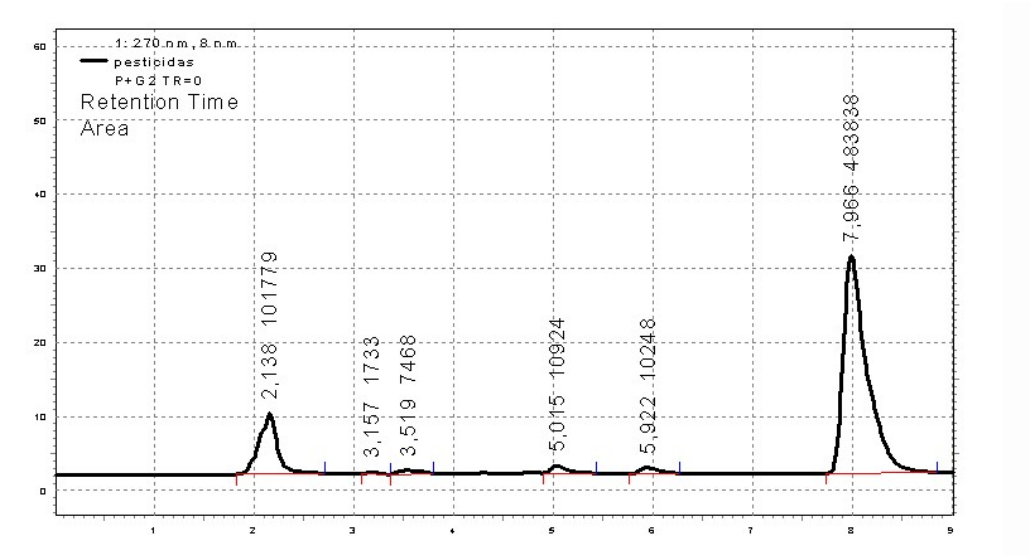


Figura 5e: Cromatograma do methyl parathion (PFG) no TR = 0d

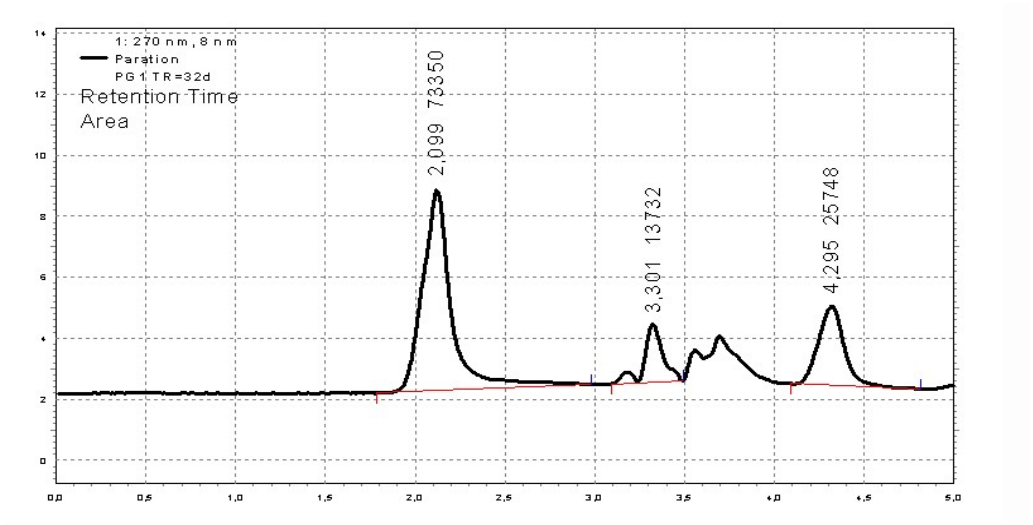


Figura 5f: Cromatograma do methyl parathion (PFG) no TR = 32d

Citocromo P450 monooxygenase está acoplado ao NADPH-redutase que funciona como fonte de elétrons para as

18.03.2026

reações de oxidação. É considerado o local central do metabolismo oxidativo, na detoxificação dos xenobióticos. Catalisa a epoxidação do anel aromático, formando óxidos de arenos que através da epóxido hidrolase forma trans-dihidrodióis ou rearranjar-se não enzimaticamente e formar fenóis (Figura 6) (Prenafeta Boldú, 2002). Portanto, esse sistema enzimático deve ter sido ativado, e os possíveis produtos de degradação do methyl parathion, p-nitrofenol e aminofenol, terem se formado.

Preparações microsossomais de citocromo P450, de fígado de rato foram capazes de ativar pesticidas organofosforados, por transformação do grupo tiofosfato da molécula, em grupo fosfato, formando o metabólito paraoxon, cuja toxicidade é superior a do próprio methyl parathion. Essa preparação também foi capaz de detoxificar MP por desarilação, produzindo p-nitrofenol (Ma e Chambers, 1994). Da mesma forma pode ter havido formação do paraoxon por atividade destes sistemas nos reatores em batelada.

Hernandez *et al.* (1998), estudando a oxidação de dez pesticidas organofosforados, entre eles methyl parathion, mediada pela enzima cloropeoxidase, produzida a partir do fungo *Caldaromyces fumago*, obtiveram transformação de sete dos dez pesticidas, para suas formas OXON. Ou seja, percebeu-se nesta pesquisa similaridades de ação com citocromo P450, porém cloroperoxidase não foi capaz de clivar as estruturas oxons, diferentemente de citocromo P450.

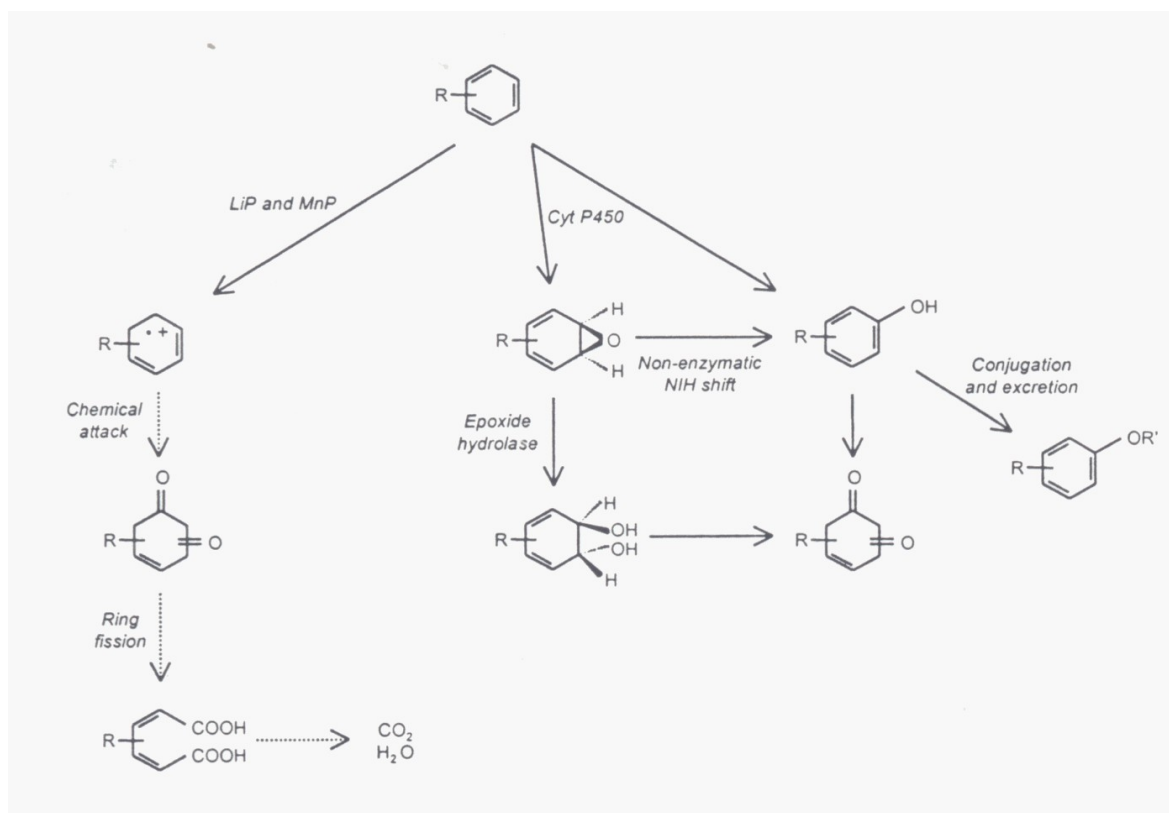


Figura 6: mecanismo de ação de epoxidação com formação de fenóis

Era de se esperar comportamento diferenciado nos reatores de controle, no que se refere à diminuição da concentração de MP, haja vista que, esses reatores não foram inoculados com espécies microbiológicas. Porém, quando se analisaram, ao final do experimento, amostras desses reatores, detectou-se a presença da espécie fúngica *Alternaria alternata*. Por se tratar de uma espécie do ar, provavelmente na hora das coletas ocorreu a contaminação, e, o pesticida também foi metabolizado nesses reatores.

Os reatores PF e PFG inoculados com *Aspergillus niger*, mostraram comportamentos parecidos no que se refere ao percentual de remoção do methyl parathion, PF (97%) e PFG (94%), revelando que a presença de fonte primária de carbono, glicose, adicionada nos reatores PFG, não melhorou o potencial de remoção do agrotóxico. Contudo, a concentração de SSV, até o último dia de reação, TR = 32d, foi maior em PFG do que em PF (Figuras 7a e 7b). Observa-se o crescimento da massa fúngica conforme ocorre a redução do MP, ratificando a hipótese que o MP está sendo utilizado como fonte de carbono pelos fungos.

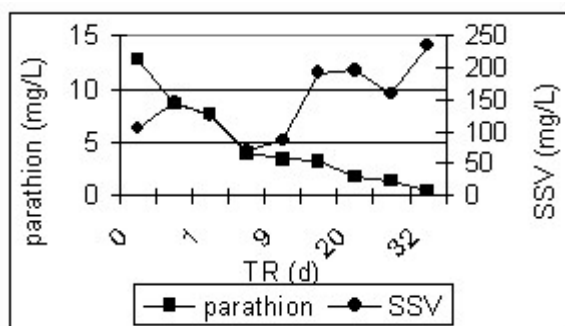


Figura 7a: Consumo de MP e aumento de SSV em função do TR nos reatores PF

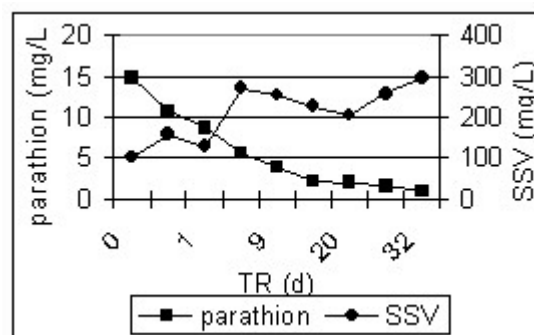


Figura 7b: Consumo de MP e aumento de SSV em função do TR nos reatores PFG

A análise microbiológica de amostras retiradas dos reatores ao final da operação em batelada, mostrou que em C houve crescimento da espécie fúngica *Alternaria alternata* e da bactéria *Klebsiella pneumoniae*, com predomínio da espécie fúngica; em PF a espécie inoculada *Aspergillus niger* continuou ativa durante todo experimento e houve crescimento de *Escherichia coli*, contudo, com predomínio da espécie fúngica; e em PFG foi verificada a manutenção da espécie inoculada *Aspergillus niger* (predominando) além, da presença de bacilos Gram positivo e negativo e cocos Gram positivo.

CONCLUSÕES

A comunidade microbiológica formada, ao longo do experimento, com predomínio da espécie fúngica *Aspergillus niger* nos reatores PF e PFG, e da espécie *Alternaria alternata* nos reatores de controle, mostrou a viabilidade do tratamento biológico com fungos para remoção de metil parathion de matrizes aquosas.

A presença de glicose nos reatores PFG não influenciou a diminuição da concentração final de metil parathion. Contudo, acelerou a degradação do organofosforado e o crescimento fúngico, que fez com que fossem obtidos valores menores de MP em tempos de reação menores.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. APHA. Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. 18 ed Washington: American Public Health Association, 1992. paginação irregular.
2. Agrotóxicos. Revista Meio Ambiente Industrial. São Paulo, v. 4, n. 23, p. 70-77, 2000.
3. BOUSSAHEL, R.; BOULAND, S.; MOUSSAOUI, K. M.; MONTIEL, A. Removal of pesticides residues in water using the nanofiltration process. Desalination. v. 132, pp. 205-209, 2000.
4. CORAL, G.; ARIKAN, B.; UNALDI, M. N.; GUVENMEZ, H. Some properties of crude carboxymethyl cellulase of *Aspergillus niger* Z10 wild-type strain. Turk J Biol. v. 26, pp. 209-213, 2002.
5. FACÓ, A. M.; SANTAELLA, S. T.; SAMPAIO, G. M. M. S.; SANTOS, E. M. A. Tratamento biológico de percolado de aterro sanitário através de processo biológico com fungos. III Encontro de pesquisa e pós-graduação – CEFET – CE, 2003.
6. GIFFONI, D. A. Filtros Biológicos aplicado ao tratamento de água residuária sintética de laticínios. Fortaleza, 2000. 159p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil, área de concentração em Saneamento Ambiental, Universidade Federal do Ceará).
7. HERNANDEZ, J.; ROBLETO, NR.; VELASCO, L.; QUINTERO, R.; PICKARD, M. A.; VAZQUEZ-DUHALT, R. Chloroperoxidase-mediated oxidation of organophosphorus pesticides. Pesticides Biochemistry and Fhisiology. v. 61, pp. 87-94, 1998.
8. IPCS International Programme of Chemical Safety – Health and Safety Guide No. 75, World Health organization, Geneva 1992.
9. KAPDAN, I. K.; KARGI, F. Biological decolorization of textile dyestuff containing waetewater by *Coriolus versicolor* in rotatingbiological contactor. Enzyme and Microbial Technology. v. 30, pp. 195-199,2002.
10. LUCHINI, L. C.; PERES, T. B.; REZENDE, M. O. DE O. Degradation of the insecticide parathion in metanol

- by gamma-irradiation. Journal of Radionalytical and Nuclear Chemistry. v. 241, No. 1, pp. 191-194, 1999.
11. MA, T.; CHAMBERS, J. E. Kinetics parameters of desulfuration and dearylation of parathion and chlorpiryfos by rat liver microsomes. Food Chem. Toxicol. v. 32, pp. 763, 1994.
 12. MARTÍN-GULLÓN, I.; FONT, R. Dynamic pesticide removal with activated carbon fibers. Wat. Res. v. 35, No. 2, pp. 516-520, 2001.
 13. PAL, O. R.; VANJARA, A. K. Removal of malathion and butachlor from aqueous solution by clays and organoclays. Separation and Purification Technology. v. 24, pp. 167-172, 2001.
 14. Portaria Nº 1469/GM/MS DE 29/12/2000. Republicada no Diário Oficial nº 1-E de 02/01/2001, seção 1, p. 19.
 15. PRENAFETA BOLDÚ, F. X. Growth of on aromatic hydrocarbons: Environmental technology perspectives. Thesis Wageningen University, Wageningen, The Netherlands, 2002.
 16. Relatório Técnico - Folisuper 600 BR. AGRIPPEC – Química e Farmacêutica S/A, 1987
 17. Relatório Técnico - Distribuição de vendas. AGRIPPEC - Química e Farmacêutica S/A, 2000.
 18. RODRIGUES, K. de A. Tratamento biológico de água residuária sintética de laticínios por decomposição fúngica. Fortaleza, 1999. 113p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil, área de concentração em Saneamento Ambiental, Universidade Federal do Ceará).
 19. SÁ, I. M. B. Biotratamento de efluente de uma indústria de laticínios por ação de fungos decompositores. Fortaleza, 1997. 83p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil, área de concentração em Saneamento Ambiental, Universidade Federal do Ceará).
 20. SAMPAIO, G. M. M. S. Remoção de DQO em água residuária industrial através de um sistema em escala laboratorial composto por um reator UASB seguido por um filtro biológico com fungos. VI Simpósio Ítalo Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental. CD rom. Vitória – ES, 2002.
 21. SANTAELLA, S. T. Estudos de tecnologias apropriadas para tratamento de efluentes da indústria de castanha de caju. Fortaleza: UFC, Departamento de Engenharia Hidráulica e Ambiental, 1999. 31p. (Relatório Institucional de Pesquisa).
 22. SANTOS, F. F.; REZENDE, M. O. DE O. Degradação acelerada do inseticida paration etílico utilizando radiação ultravioleta na presença de ácido húmico. Anais Associação Brasileira de Química. v. 48 (2), pp. 86-91, 1999.
 23. WITTEVEEN, COR F. B. Gluconato formation and polyol metabolism in *Aspergillus niger* Thesis Wageningen University, Wageningen, The Netherlands, 1993.

Agradecimentos

Ao CEFET-CE pela liberação concedida.

À CAPES – PROCAD pela bolsa de estudo e por parte do financiamento desta pesquisa.

Ao Prof. Dr. Ronaldo Ferreira do Nascimento – UFC e à graduanda Anayla Santos Sousa pela orientação nas análises cromatográficas.

À Dra. Técia Vieira de Carvalho por permitir a utilização do HPLC no Parque de Desenvolvimento Tecnológico (PADETEC) - CE