

XI SIMPÓSIO DE RECURSOS HÍDRICOS DO NORDESTE

DEGRADAÇÃO VIA POA DE CONTAMINANTES EMERGENTES DO TIPO HPA DE BAIXA MASSA MOLECULAR NO RIACHO ALGODOAIS – SUAPE/PE

Danielle Pires de Souza¹; Joanna Cysneiros Silva²; Gilson Lima da Silva³; Mohand Benachour⁴; Valdinete Lins da Silva⁵.

Resumo – A poluição dos recursos hídricos da atualidade é atribuída em grande parte ao lançamento de efluentes industriais submetidos a um tratamento ineficiente de substâncias poluentes. Micropoluentes denominados Contaminantes Emergentes (CE) tem atraído à atenção de pesquisadores devido aos seus efeitos nocivos aos seres vivos apesar de baixas concentrações, $\mu\text{g.L}^{-1}$ e pg. L^{-1} . Uma classe destes são os Hidrocarbonetos Policíclicos Aromáticos (HPA), compostos orgânicos com dois ou mais anéis aromáticos conjugados, podendo ser de alta massa molar (AMM) e baixa massa molar (BMM), apresentando este último toxicidade aguda em ambientes marinhos. Com os tratamentos de efluentes convencionais incapazes de degradar eficientemente esses compostos, tratamentos alternativos vêm sendo pesquisados como os Processos Oxidativos Avançados (POA); técnicas com limite de baixa detecção e alta sensibilidade têm sido utilizadas para a detecção desses como a cromatografia gasosa acoplada a espectrômetro de massa (CG-EM). O rio escolhido foi Algodóais em Suape-PE que recebe efluentes de vários tipos de indústrias. As amostras foram submetidas à Extração Líquido-Líquido com diclorometano e rota- evaporadas. Após análise no CG-EM foram detectados quatro compostos de BMM e tratados pelo POA do tipo Foto-Fenton, em dois reatores, com radiação artificial UV-A e UV-C, obtendo um percentual de degradação acima de 95%.

Abstract – The water pollution today is largely attributed to the release of industrial effluents that have undergone inefficient pollutants. Micropollutants called Emerging Contaminants (EC) has attracted the attention of researchers due to its harmful effects to living beings in spite of low concentrations, $\mu\text{g.L}^{-1}$ and pg. L^{-1} . One class of these are the Polycyclic Aromatic Hydrocarbons (PAH), organic compounds with two or more conjugated aromatic rings, can be of high molar mass (HMM) and low molar mass (LMM), the latter presenting acute toxicity in marine environments. With conventional effluent treatment effectively unable to degrade these compounds, alternative treatments have been searched as the Advanced Oxidation Processes (AOP); techniques with low detection limit and high sensitivity have been used to detect such as gas chromatography spectrometer Mass (GC-MS). The river was chosen Algodóais in Suape-PE which receives effluents from various industries. The samples were subjected to liquid-liquid extraction with dichloromethane and evaporated route. After GC-MS analysis in four compounds LMM were detected and processed by the AOP type photo-Fenton, in two reactors, settling with artificial UV-A and UV-C, and a degradation rate of above 95%.

Palavras-Chave – Hidrocarbonetos Policíclicos Aromáticos, POA e Recursos Hídricos.

¹ Doutoranda da UFPE, DEQ, Av. Prof. Moraes Rego 1235, 50670-901 Recife (81) 2126.8000 e-mail: daniellepires@hotmail.com

² Técnica da UFPE, DEQ, Av. Prof. Moraes Rego 1235, 50670-901 Recife (81) 2126.8000 e-mail: joannacysneiros@gmail.com

³ Professor Adjunto UFPE, CA Agreste, Av. Prof. Moraes Rego 1235, 50670-901 Recife (81) 2126.8000 e-mail: glimasiva21@yahoo.com.br

⁴ Professor Associado 3 UFPE, DEQ, Av. Prof. Moraes Rego 1235, 50670-901 Recife (81) 2126.8000 e-mail: mbena@ufpe.br

⁵ Professora Titular da UFPE, DEQ, Av. Prof. Moraes Rego 1235, 50670-901 Recife (81) 2126.8000 e-mail: leaq_val@yahoo.com.br

INTRODUÇÃO

Os principais contribuintes para a poluição dos recursos hídricos na atualidade são os efluentes industriais, pois os mesmos são lançados no meio ambiente sem um tratamento eficiente para remoção de substâncias poluentes [Teixeira e Jardim, (2004)].

Uma classe de substâncias encontradas em matrizes ambientais que possuem características singulares vem chamando atenção de pesquisadores multidisciplinares, os chamados Contaminantes Emergentes (CE). Encontrados em concentrações baixas, $\mu\text{g.L}^{-1}$ e pg. L^{-1} , esses micropoluentes apresentam efeitos nocivos graves aos seres vivos em geral [Klamerth *et al.*, (2010); Sodré *et al.*, (2010)]. Esses CE têm sido encontrados com uma frequência crescente na natureza, segundo pesquisa realizada pelo INCTAA (Instituto Nacional de Ciências e Tecnologias Analíticas Avançadas), em 16 capitais brasileiras a água potável apresenta presença dessas substâncias nocivas   saúde [Jornal da Unicamp N  527, publicada pelo EcoDebate, (24/05/2012)].

Dentre esses CE, uma classe é considerada pela Agência de Prote o Ambiental dos Estados Unidos (USEPA), como pesquisa prioritária: os Hidrocarbonetos Policíclicos Aromáticos (HPA). Compostos orgânicos com dois ou mais anéis aromáticos conjugados, os HPA são apolares, lipofílicos e ubíquos. A EPA (Environmental Protection Agency) classificou dezesseis HPA como prioritários para monitoramento ambiental devido a sua toxicidade, mutagenicidade e carcinogenicidade [Pinhati, (2008)].

Podem ser divididos em baixa massa molecular (BMM - 2 a 3 anéis aromáticos) e alta massa molecular (AMM – 4 a 6 anéis aromáticos), sendo estes poluentes de origem natural ou antrópica carcinog nicos e/ou mutag nicos, apresentando a o nociva para os seres vivos. Estudos têm mostrado que em seres humanos expostos a esses contaminantes, foram diagnosticados cânceres de pulmão, pele, bexiga e gastrointestinal, além de mulheres grávidas expostas a esses contaminantes tem apresentado complica es no parto, altera o no comprimento e peso do beb , retardo do crescimento intrauterino. Em animais,   possível observar defeitos cong nitos, anomalias no sistema reprodutivo (feminiliza o de peixes machos) e no desenvolvimento dos mesmos expostos a esses contaminantes [Beyer (2010); Ghiselli e Jardim, (2007); Pereira Netto, *et al.*, (2000); Santamarta, (2001); Wu *et al.*, (2010)].

As fontes naturais desses HPA podem ser caracterizadas por atividades vulcânicas, afloramento de petróleo, incêndios florestais. Os HPA de fontes antropog nicas podem ser divididos em petrogênicas e pirogênicas. As petrogênicas são caracterizadas pelo HPA de BMM, os quais possuem baixa temperatura de forma o, podendo ser provenientes de derramamento de petróleo, combustão de matéria orgânica e lenta matura o da mesma, utiliza o de petroquímicos industrial

ou doméstico e seus efluentes. Os HPA oriundos de fontes pirogênicas são aqueles que apresentam AMM, onde os mesmos são hidrofóbicos, apresentam alta temperatura de formação, podemos atribuir a esse tipo de fonte a combustão incompleta da madeira, óleo e carvão, além de emissões veiculares. As fontes antropogênicas, são as principais responsáveis pela presença desses contaminantes no meio ambiente [Froehner, (2008); Ghiselli e Jardim, (2007); Silva, (2004); Sodré et. al., (2007); Meniconi, (2007)].

Dentre os HPA de BMM prioritários pela EPA, podemos citar alguns que apresentam toxicidade aguda, o Naftaleno, Acenaftileno, Fluoreno e Fenantreno. O Naftaleno, por exemplo, é um dos mais simples HPA, porém, a sua alta solubilidade, contribui para que o mesmo tenha uma toxicidade aguda em ambientes marinhos. Os HPA de BMM são aqueles que possuem os isômeros mais estáveis [Pavei, (2007); Veiga, (2003); Celino e Queiroz, (2006)].

Devido à presença crescente desses micropoluentes no ambiente, a química analítica vem inovando em métodos analíticos que tem se mostrado eficiente na detecção desses. Conforme literatura, para uma satisfatória identificação, determinação e quantificação dos HPA, são necessários métodos que possuam baixos limites de detecção, alta eficiência e seletividade, o que é possível utilizando a Cromatografia Gasosa acoplada a Espectrômetro de Massa (CG-EM). O espectrômetro de massa tem se tornado uma ferramenta importante, pois o mesmo possui baixos limites de detecção e fornece a fórmula estrutural dos compostos [Bisinoti e Jardim, (2004); Beyer, et. al. (2010); Cristale et. al., (2008); Souza, (2012)].

Efluentes industriais são tratados de maneira ineficientes no que diz respeito a esses contaminantes. Tratamentos comuns como flotação, filtração e adsorção não degradam os poluentes, apenas removem-no de fase, sendo inaptos, pois os micropoluentes permanecem nos efluentes. Técnicas alternativas vêm sendo pesquisada e dentre elas uma que tem se tornado bastante promissora são os Processos Oxidativos Avançados (POA), caracterizando-se por degradarem por completo os contaminantes. Eles atuam através da geração de radicais hidroxilas livres, que reagem com grande parte dos compostos orgânicos e inorgânicos formando produtos biodegradáveis como CO₂ e H₂O. Os tipos de POA podem ser divididos em sistema homogêneo e heterogêneo. Ozonização, Fenton, Foto-Fenton e Fotólise, são exemplos de processos oxidativos homogêneos, e a Fotocatálise Heterogênea com Dióxido de Titânio sistema heterogêneo [Britto e Rangel, (2008); Mota, (2005); Tiburtius et al., (2009); Teixeira e Jardim, (2004)].

Dentre os POA, o Fenton tem se mostrado satisfatório em degradação de CE. O mesmo é rápido, simples e eficiente, porém, essa eficiência é aumentada quando a reação é exposta a radiação UV/visível, se tornando o processo Foto-Fenton. Radiação natural (luz solar) e artificial (UV-A,

UV-B e UV-C) pode ser utilizada e resultados satisfatórios serão obtidos [Borba et al., (2008); Mota, (2005) e Silva et al., (2004)].

OBJETIVO

Este trabalho teve como objetivo a identificação e quantificação via CG-EM dos HPA de BMM em amostras de água do Riacho Algodoads, localizado em Suape – PE, e sua degradação através do POA, Foto –Fenton, utilizando reatores de bancada com radiação artificial UV-C e UV-A.

METODOLOGIA

Coleta

O ponto da coleta da amostra para o tratamento foi definido baseado em estudo prévio da ocorrência de maior concentração dos HPA, onde um aparelho GPS foi utilizado para localização exata do mesmo. As amostras foram acondicionadas em vidros âmbar previamente lavados em solução de extran e ácido nítrico e colocadas sob-refrigeração adequada para posterior análise.



Figura 1 – Pontos de coleta no Riacho Algodoads

Extração e concentração das amostras

Foi empregado o método de Extração Líquido-Líquido (ELL), utilizando como solvente o diclorometano p.a. (Merck), o qual foi adicionado à amostra em um funil de separação na proporção de volume de 5:1 (amostra e solvente respectivamente) e agitou-se vigorosamente por alguns minutos. O extrato obtido posteriormente a separação de fases, após repouso, foi filtrado com lã de vidro e sulfato de sódio anidro para a possível retenção de água, repetindo o procedimento por mais duas vezes. Utilizou-se o rota-evaporador a $40 \pm 1^\circ\text{C}$ para concentrar o extrato e depois aferiu o mesmo com um balão de 10 mL e diclorometano p.a. (Merck).

Identificação e quantificação dos HPA de BMM via CG-EM

Para investigação dos HPA de BMM, via CG-EM, preparou-se uma solução estoque de 200 mg.L^{-1} a partir de um padrão mix de HPA em Diclorometano/Benzeno da AccuStandard, para a construção da curva analítica com faixa de concentração entre 1 e $100 \text{ } \mu\text{g.L}^{-1}$. As condições cromatográficas foram: temperatura do injetor: 250°C ; temperatura da interface: 300°C ; vazão do gás Hélio: $1,20 \text{ mL.min}^{-1}$; modo e volume de injeção respectivamente: Splitless e $1 \text{ } \mu\text{L}$ e programação de temperatura: 45°C (1 min.), $45^\circ\text{C.min}^{-1}$ até 130°C ; $10^\circ\text{C.min}^{-1}$ até 180°C ; 6°C . até 240°C ; $10^\circ\text{C.min}^{-1}$ até 310°C (5min.).

Degradação dos HPA via Foto-Fenton

A degradação desses HPA foi baseada em um planejamento fatorial 2^2 , onde reatores com radiação artificial UV-A e UV-C foram utilizados e 50 ml das amostras colocadas em béqueres de 100 mL. O ferro foi fixado em 5 mg.L^{-1} , e as variáveis do planejamento fatorial foram o peróxido, com 1,00 mL no nível máximo e 0,50 ml no nível mínimo e o tempo, com 3 horas e 1 hora para o nível máximo e mínimo respectivamente. O ponto central do planejamento foi realizado em triplicata.

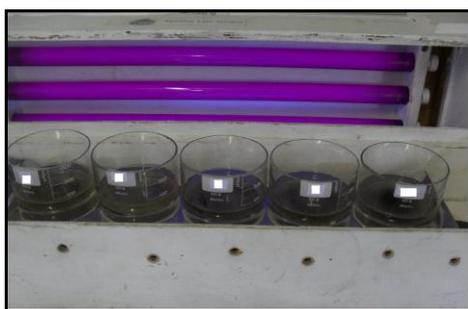


Figura 2 – Reator de bancada UV-A

RESULTADOS

A curva analítica obtida no CG-EM apresentou um R^2 maior que 0,99. Após extração a amostra foi injetada no CG-EM com a curva obtida e verificou-se a presença de nove HPA sendo quatro destes HPA de BMM. Os de BMM detectados foram Naftaleno, Acenaftileno, Fluoreno e Fenantreno, todos eles prioritários pela EPA. A Figura 1 mostra as concentrações médias desses HPA nas três coletas realizadas.

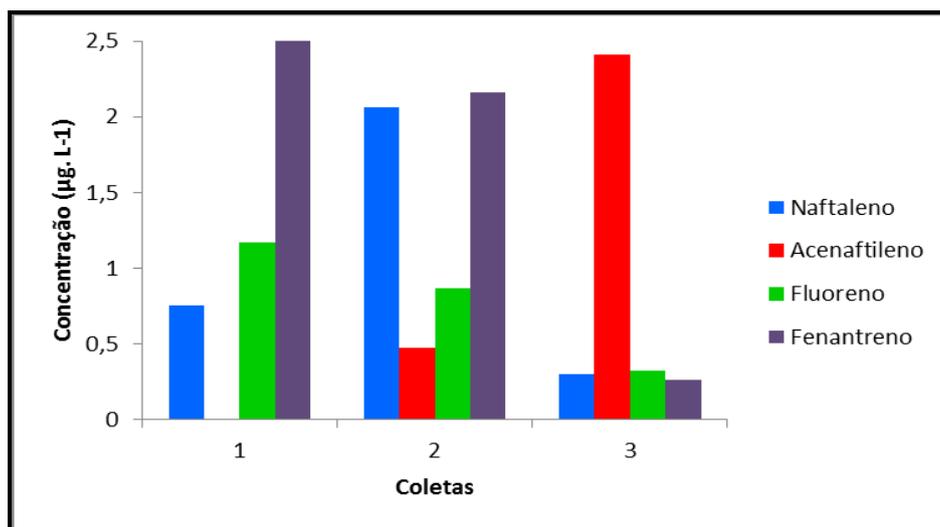


Figura 3 – Ocorrência e concentrações de HPA de BMM no Riacho Algodoads

O Naftaleno, Fluoreno e Fenantreno foram encontrados em todas as coletas com concentrações significativas atribuídas a CE. A presença constante de Naftaleno e Fenantreno em regiões tropicais é considerada contraditória vista a facilidade de degradação e volatilidade de ambos, quando comparados com HPA de AMM. O Naftaleno, por exemplo, tem um tempo de meia vida na água de 170 horas e em condições aeróbias hidrocarbonetos de BMM apresentam um tempo de meia-vida em águas de até 20 dias [Freire (2008) e Cordeiro, (2003)]. O Naftaleno e Fenantreno apresentam alta toxicidade para o meio ambiente aquático e os mesmos apresentaram presença expressiva em todos os pontos.

Seguindo o planejamento fatorial, a degradação obtida nos dois reatores mostrou-se satisfatória, e em ambas, o melhor ensaio realizado foi aquele onde se utilizou o maior nível das variáveis peróxido e tempo, 1,00 mL e 3 horas respectivamente. A Tabela 1 apresenta a degradação em ambos os reatores.

Tabela 1 – Degradação dos HPA de BMM

Degradação de HPA BMM (%)		
Ensaio	UV-A	UV-C
1	79,46	90,57
2	85,15	88,26
3	91,33	88,75
4	97,41	96,81
5	96,80	91,30
6	95,74	91,79
7	96,65	89,35

O ensaio 4 no reator com lâmpada UV-A (luz negra) apresentou uma eficiência um pouco maior do que o reator UV-C, o que era de se esperar visto que o foto-Fenton tem uma eficiência maior em comprimentos de ondas acima de 300 nm, sendo o caso das lâmpadas UV-A (315 - 400 nm). Outra vantagem da luz negra é o custo, pois esta apresenta um valor bem menor que a lâmpada UV-C.

Após obtenção dos dados, os mesmos foram colocados no programa Statistica 8.0 para a obtenção dos efeitos dos fatores e as interações entre eles. Os efeitos da lâmpada UV-A que foram estatisticamente significativos para 95% de confiança nos níveis estudados, foram identificados e estão descritos na Tabela 2.

Tabela 2 – Efeitos principais e de interação com seus erros padrão expressos em %, do planejamento fatorial 2² do reator com lâmpada UV-A para o Σ HPA BMM

Efeitos	HPA BMM UV-A
Média	91,792 ± 0,332
Efeitos Principais	
1- H₂O₂	5,889 ± 0,332
2- Tempo	12,066 ± 0,332

A Figura 4 corresponde a Carta de Pareto, que mostra uma melhor visualização dos efeitos e as interações entre as variáveis. No eixo vertical encontram-se todas as variáveis e suas interações.

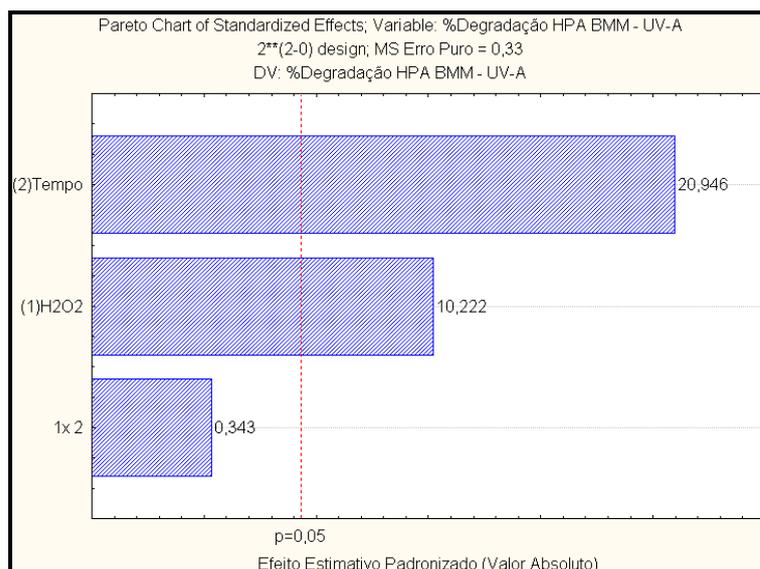


Figura 41- Carta de Pareto referente à degradação do HPA de BMM usando lâmpada UV-A com erro puro de 0,332.

A Carta de Pareto apresentada na Figura 4 indica que os efeitos principais H_2O_2 e tempo foram estatisticamente significativos para 95% de confiança, apresentando valores positivos (20,946 e 10,22 respectivamente), concluindo-se que do nível menor para o nível maior ocorre um aumento na degradação dos HPA. Não houve efeito de interação significativo entre os dois fatores, peróxido e tempo.

Para o reator de lâmpada UV-C, não houve efeitos significativos o que pode ser comprovado a partir da Carta de Pareto mostrada na Figura 5.

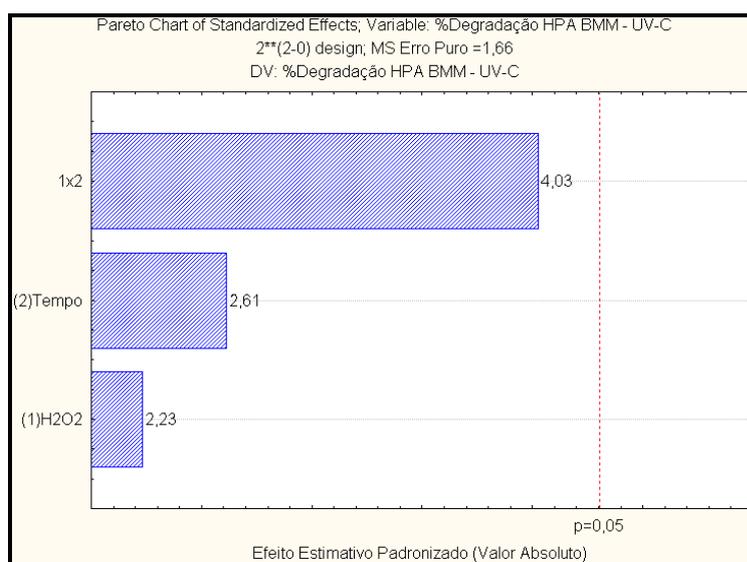


Figura 5 - Carta de Pareto referente à degradação do HPA BMM usando lâmpada UV-C com erro puro de 1,66.

CONCLUSÃO

Foi verificada a presença de contaminantes emergentes do tipo hidrocarbonetos policíclicos aromáticos, de baixa massa molar sendo eles o Naftaleno, Acenaftileno, Fluoreno e Fenantreno em concentrações significativas, compostos estes considerados prioritários para estudo ambiental pela EPA. Visto ao curto tempo de meia-vida na literatura desses hidrocarbonetos, pode-se afirmar que a presença do Naftaleno e dos outros HPA de BMM em todas as amostras, remete a uma contaminação constante destes compostos.

O maior percentual de degradação obtido foi de 97,41%, para os maiores níveis das variáveis peróxido e tempo (1,0 mL e 3 horas respectivamente) no reator com lâmpada UV-A, o que é corroborado com a literatura visto que esta lâmpada tem maior facilidade de degradação dos HPA. O reator de lâmpada UV-C apresentou uma degradação também satisfatória, um pouco menor, de 96,81% sem efeitos estatisticamente significativos.

A legislação apresenta uma ineficiência no que diz respeito aos mesmos, sendo assim, faz-se necessário um acompanhamento da presença desses compostos no riacho, levando em consideração seus efeitos nocivos e graves aos seres humanos e animais.

AGRADECIMENTOS

A CAPES, Projeto CNPq/INCTAA e LEAQ.

BIBLIOGRAFIA

a) Livro

BISINOTI, M.C., JARDIM, W.F. (2004). “ *O emprego de Técnicas Analíticas na Especificação de Metais Pesados e a sua importância para o Meio Ambiente.*” Caderno Temático, Campinas, SP: UNICAMP, v.2.

SODRÉ, F. F.; LOCATELLI, M. A. F.; MONTAGNER, C. C.; JARDIM, W. F. (2007). *Origem e Destino de Interferentes Endócrinos em Águas Naturais.* CARDENO TEMÁTICO, vol.06, Campinas – SP; 7,13 p.

TEIXEIRA, C. P. A. B., JARDIM, W. F., (2004). *Processos Oxidativos Avançados.* CARDENO TEMÁTICO, vol.03, Campinas – SP; 4,5,12 p.

b) Artigo em revista

BEYER, J., JONSSON, G., PORTE, C., KRAHN, M.M., ARIESE, F. (2010). “ *Analytical methods for determining metabolites of polycyclic aromatic hydrocarbon (PAH) pollutants in fish bile: A review.*” Environmental Toxicology and Pharmacology, v. 30, p. 224-244.

BORBA, F.H., SOTTORIVA, P.R.S., MÓDENES, A. N.(2008). “ *Tratamento de Efluente Madeireiro por Processo foto-Fenton - Treatment of timber effluent by photo-Fenton process.*” Estudos Tecnológicos, v.4, nº1, p.12-20.

BILA, D. M.; DEZOTTI, M. (2007). “*Desreguladores Endócrinos no Meio Ambiente: Efeitos e Consequências.*” Química Nova, vol. 30, nº3, 651-666.

BRITTO, J.M.; RANGEL, M.C.(2008). “*Processos Avançados de Oxidação de Compostos Fenólicos em Efluentes Industriais.*” Química Nova, v.31, nº1, p.114 -122.

CELINO, J.J.; QUEIROZ, A.F.S. (2006). “*Fonte e grau da contaminação por hidrocarbonetos policíclicos aromáticos (HPAs) de baixa massa molecular em sedimentos da baía de Todos os Santos, Bahia*”. Resvita Escola Minas, Ouro Preto, v.59 (3), jul.-set, 265-270.

CRISTALE, J., SILVA, F. S., MARCHI, M. R. R. (2008). “*Desenvolvimento e Aplicação de Método GC-MS/ MS para Análise Simultânea de 17 HPAs em Material Particulado Atmosférico*”. Eclética Química, vol.03, nº4.

FROEHNER, S., MARTINS, R.F. (2008). “Avaliação do destino e bioacumulação de benzo(a)pireno através de simulação computacional.” *Química Nova*, v.31, nº5, p. 1089-1093, 2008.

GHISELLI, G., JARDIM, W. F. (2007). “*Interferentes Endócrinos no Ambiente*”. *Química Nova*, vol.30, nº3, 695-706.

KLAMERTH, N., RIZZO, L., MALATO, S., MALDONADO, M.I., AGUERA, A., FERNÁNDEZ-ALBA, A.R. (2010). “*Degradation Of Fifteen Emerging Contaminants At $\mu\text{g. L}^{-1}$ Initial Concentrations By Mild Solar Photo-Fenton In MWTP Effluents.*” *Water Research*, v. 44, p. 545-554.

PEREIRA NETTO, A. D.; MOREIRA, J. C.; DIAS, A. E. X. O.; ARBILLA, G.; FERREIRA, L. F. V.; OLIVEIRA, A. S.; BAREK, J. (2000). “*Avaliação da Contaminação Humana por Hidrocarbonetos Policíclicos Aromáticos (HPAS) e seus Derivados Nitrados (NHPAS): Uma Revisão Metodológica.*” *Química Nova*, vol.23, nº6, 765-773.

SANTAMARTA, J.(2001). “*A ameaça dos disruptores endócrinos.*” *Agroecologia e Desenvolvimento Rural Sustentável*, v.2, nº 3, jul./set.

SISSINO, C. L. S., NETTO, A. D. P., REGO, E. C. P., LIMA, G. S. V., (2003). “*Hidrocarbonetos Policíclicos Aromáticos em Resíduos Sólidos Industriais: Uma Avaliação Preliminar do Risco de Potencial de Contaminação Ambiental e Humana em Áreas de Disposição de Resíduos*”. *Cadernos de Saúde Pública*, vol. 19, nº 2, 671-676.

SODRÉ, F.F., LOCATELLI, A.F., JARDIM, W.F.(2010).” *Sistema Limpo Em Linha Para Extração Em Fase Sólida De Contaminantes Emergentes Em Águas Naturais.*” *Química Nova*, v. 33, nº 1, p. 216/219.

WU, J., HOU, H., RITZ, B., CHEN, Y. (2010). “*Exposure to Polycyclic Aromatic Hydrocarbons and missed abortion in early pregnancy in a Chinese population.*” *Science of the Total Environment*, v. 408, p. 2312-2318.

TIBURTIUS, E.R.L., PERALTA-ZAMORA, P., EMMEL, A.(2009). “*Degradação de benzeno, tolueno e xilenos em águas contaminadas por gasolina, utilizando-se processos foto-Fenton.*” *Química Nova*, v. 32, nº 8, p. 2058-2063.

XAVIER, L. F. W.; MOREIRA, I. M. N. S; HIGARASHI, M. M.; MOREIRA, J. C.; FERREIRA, L. F. V.; OLIVEIRA, A. S. (2005). “*Fotodegradação de Hidrocarbonetos Policíclicos Aromáticos em Placas de Sílica Impregnadas com Dióxido de Titânio*”. *Química Nova*, vol.28, nº3, 409-413.

c) Dissertações

CORDEIRO, L.H. (2003). “*Hidrocarbonetos Policíclicos Aromáticos nos sedimentos do estuário da laguna dos patos – RS.*” Dissertação de Mestrado, Rio Grande, RS: Universidade Federal do Rio Grande.

FREIRE, M.M. (2008). “*Determinação de Metabólitos de Hidrocarbonetos Policíclicos Aromáticos em Biles de Peixes como Biomarcador Na Baía de Guanabara.*” Dissertação de Mestrado. Rio de Janeiro, RJ: ENSP.

JÚNIOR, M. T. (2003). *“Determinação de Hidrocarbonetos Policíclicos Aromáticos em Ambiente de Terminal de ônibus em Londrina - Paraná”*. Dissertação de Mestrado, Universidade Estadual de Londrina, PR.

MENICONI, M.F.G. (2007). *“Hidrocarbonetos Policíclicos Aromáticos no Meio Ambiente: Diferenciação de Fontes em Sedimentos e Metábolitos em Biles de Peixes.”* Tese de Doutorado. Natal, RN: UFRN.

MOTA, A. L. N.(2005), *“Desenvolvimento de um Reator Fotoquímico Aplicável no Tratamento de Efluentes Fenólicos Presentes na Indústria do Petróleo”*. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, RN.

PAVEI, P.T. (2007). *“Caracterização e estudo do comportamento de Hidrocarbonetos Policíclicos Aromáticos em ecossistemas aquáticos contaminados pelas atividades de mineração de carvão.”* Dissertação de Mestrado, Criciúma- SC: Universidade do Extremo Sul Catarinense.

SILVA, G.S. (2004). *“Avaliação do Estado de Degradação e Capacidade de Suporte da Bacia do Rio Atibaia- Região de Campinas/ Paulínia – SP.”* Tese de Doutorado, Campinas, SP: UNICAMP.

SOUZA, D.P. (2012). *“Avaliação de Contaminantes Emergentes do tipo HPA no Riacho Algodoads Suape-PE, e Tratamento via Processo Oxidativo Avançado.”* Dissertação de Mestrado, Universidade Federal de Pernambuco, PE.

TESSARO, E. P. (2008), *“Avaliação de Processos Oxidativos para o Tratamento Ambientalmente Adequado de Fluidos de Corte”*. Dissertação de Mestrado, Universidade de São Paulo, São Carlos- SP.

VEIGA, I.G. (2003). *“Avaliação da Origem dos Hidrocarbonetos em Sedimentos Superficiais de Manguezais da Região Norte da Baía de Todos os Santos/Bahia.”* Dissertação de Mestrado. Macaé, RJ: UENF.

ZUYDAM, C. S. V. (2007). *“Determination of Polycyclic Aromatic Hydrocarbons (PAHs) Resulting from Wood Storage and Wood Treatment Facilities for Electricity Transmission in Swaziland”*. Dissertação de Mestrado, University South Africa.

d) Meios eletrônicos

<http://www.canalvg.com.br/index.php/canalvg/descricao/geral/noticia/Pesquisa+acusa+presen%C3%A7a+de+contaminantes+emergentes+na+%C3%A1gua+fornecida+em+16+capitais+brasileiras.html>. Acessado em 24/05/2012.