

II-092 - AVALIAÇÃO DE TRATAMENTOS COM RADIAÇÃO UV E UV/H₂O₂ NA DEGRADAÇÃO DE MICROPOLUENTES ORGÂNICOS DA EFICIÊNCIA

Telma Soares⁽¹⁾

Mestre em Meio Ambiente Urbano e Industrial – UFPR. Especialista em Gestão Ambiental – PUCPR, graduação em Ciências Biológicas pela Faculdade FAFIJAN - Paraná.

Daniela Neuffer

Doutora em Técnicas de Proteção Ambiental pela Universität Stuttgart/Alemanha, graduação e pós-graduação em Engenharia Civil pela Universität Stuttgart. Pesquisadora e consultora da Universität Stuttgart no Instituto de Engenharia Sanitária, Gerenciamento da Qualidade de Água e de Resíduos (ISWA). Coordenadora e professora titular do Mestrado Int. em Meio Ambiente Urbano e Industrial (MAUI) da Universidade Federal do Paraná, Universität Stuttgart e SENAI-PR. Membro do comitê assessor AK-11.6 (Resíduos de óleo e graxas) da DWA.

Karen Juliana do Amaral

Mestrado em Engenharia Civil pela COPPE/UFRJ. Concluiu o doutorado em Engenharia Civil, Recursos Hídricos, COPPE/UFRJ, juntamente com o Instituto de Engenharia Sanitária, Gerenciamento da Qualidade de Água e de Resíduos da Universidade de Stuttgart, Alemanha. Atualmente é pesquisadora da Universidade de Stuttgart no Brasil, professora do curso de pós-graduação Meio Ambiente Urbano e Industrial (MAUI) da Universidade Federal do Paraná, SENAI-PR e Universidade de Stuttgart.

Endereço⁽¹⁾: Rua Iolanda Túlio Borba, Nº 360, Apto: 602. Estâncias Pinhais - Pinhais - Paraná- CEP: 83323 - 380- Brasil- Tel: +55 (41) 3669-0735 - Cel +55 (41) 9690-7418- e-mail: telmas_sares@yahoo.com.br, telsoares@gmail.com.

RESUMO

A contaminação dos ambientes aquáticos por micropoluentes orgânicos tornou-se alvo de inúmeras pesquisas, a fim de verificar os impactos no ambiente. Esses compostos podem apresentar efeitos ecotoxicológicos, provocando alterações nos seres vivos, mesmo em concentrações muito pequenas no ambiente. Os micropoluentes orgânicos chegam ao ambiente, principalmente, por meio dos lançamentos de efluentes domésticos nos corpos hídricos, oriundos das estações de tratamento. Por isso, constatou-se a necessidade de realizar testes experimentais para verificar a eficiência de remoção desses grupos de substâncias, com tecnologias avançadas de tratamento de efluente doméstico, como os processos oxidativos avançados (POAs). Os POAs são técnicas que envolvem a geração de radicais altamente reativos como, por exemplo, os radicais hidroxila ($\cdot\text{OH}$), que são capazes de oxidar contaminantes orgânicos, formando água, dióxido de carbono e íons inorgânicos ou ainda, transformá-los em compostos intermediários mais biodegradáveis. Os POAs, utilizados nos testes experimentais foram os processos de tratamento por radiação ultravioleta, o UV e radiação ultravioleta em combinação com o catalisador líquido H₂O₂ o UV/H₂O₂. Dessa forma, o objetivo deste trabalho foi avaliar a resposta de degradação dos poluentes, o DEET do grupo dos repelentes e o diclofenaco, carbamazepina e lidocaína do grupo dos fármacos, na presença dos tratamentos UV e UV/H₂O₂. Para a execução deste experimento foram consideradas algumas variáveis, como pH, tempo de contato e filtração e não filtração das amostras de efluente da estação de tratamento municipal de Büsnau, da cidade de Stuttgart, Alemanha. Assim, foi utilizada metodologia de extração líquido – líquido (ELL) e a análise cromatográfica, por meio do cromatógrafo gasoso com sistema de detecção de massa (CG-MS), que permitiu a verificação da resposta de degradação dos micropoluentes orgânicos emergentes na presença dos tratamentos UV e de UV/H₂O₂. Os resultados obtidos com os tratamentos UV e UV/H₂O₂ demonstraram uma diversidade de respostas dos micropoluentes. No tratamento UV, os resultados foram melhores com as substâncias, diclofenaco, com as amostras filtradas de pH 4, com tempo de 5 minutos de contato. Já o tratamento UV/H₂O₂ apresentou um resultado mais eficaz com os poluentes e lidocaína, nas amostras filtradas, com pH 4. No que se refere às substâncias DEET e carbamazepina os resultados foram semelhantes tanto para o tratamento UV quanto para o UV/H₂O₂, nas amostras filtradas e não filtradas, com pH 4, com o tempo de 5 minutos.

PALAVRAS-CHAVE: Micropoluente orgânico, processos oxidativos, degradação.

INTRODUÇÃO

A contaminação dos ambientes aquáticos por micropoluentes alertou a comunidade científica, uma vez que suas concentrações aumentaram expressivamente nos ecossistemas nos últimos anos, comprometendo o equilíbrio ambiental e o bem estar das gerações futuras (BILA & DEZOTTI 2007, COLBORN *et al.*, 2002).

Os micropoluentes orgânicos são classificados de acordo com suas características químicas específicas e toxicológicas e divididos em dois grupos: os poluentes orgânicos persistentes, conhecidos como POPs, e os micropoluentes orgânicos emergentes (BILA & DEZOTTI, 2007).

Os POPs são aqueles que possuem características acumulativas nos tecidos dos seres vivos, com uma resistência a biodegradação, o que favorece a sua permanência no ambiente ao longo da cadeia alimentar. Devido a essas propriedades os POPs foram largamente estudados e existem diversos trabalhos sobre seus efeitos e impactos no ambiente (JONES & VOOG, 1999; LOGANATHAN & KANNAN, 1994). Já o grupo dos micropoluentes orgânicos emergentes possui substâncias que são suspeitas de provocar alterações nos seres vivos, mesmo apresentando concentrações muito pequenas no ambiente. Este grupo de é considerado nas literaturas nacionais e internacionais como substâncias com potencial poluidor, o que despertou a curiosidade dos pesquisadores em verificar seus efeitos ecotoxicológicos no ambiente (DÍAZ-CRUZ & BARCELÓ, 2009). São considerados micropoluentes orgânicos emergentes os grupos de higiene pessoal, os repelentes, os fármacos, os aceleradores de vulcanização entre outros. Tais compostos são encontrados em efluentes domésticos na ordem ng L^{-1} a $\mu\text{g L}^{-1}$ (MELO *et al.*, 2009).

Apesar das pesquisas apontarem os problemas decorrentes da presença dessas substâncias no meio ambiente, ainda não há no sistema de tratamento de efluente convencional a remoção desses compostos. Dessa forma, o presente estudo visa contribuir para melhoria dessa problemática, verificando técnicas de tratamento avançado para remoção dos micropoluentes orgânicos do efluente doméstico.

Os processos oxidativos avançados são estudados como uma alternativa, ou mesmo em combinação com os tratamentos convencionais nas estações de tratamento para a degradação de micropoluentes (MELO *et al.*, 2009). Para este trabalho foi verificado o processo de tratamento com radiação UV e o tratamento UV com combinação com H_2O_2 . Comumente esses tratamentos são empregados na desinfecção de água e efluente e no tratamento de água subterrânea. Essa pesquisa foi realizada com o efluente da clarificação secundária da estação de tratamento de Büsnau, na cidade de Stuttgart na Alemanha.

MATERIAIS E MÉTODOS

O experimento foi realizado na Estação de Tratamento de Efluente Büsnau da cidade de Stuttgart, Alemanha. As amostras do efluente foram coletadas na saída do decantador secundário da estação, antes do efluente ser lançado no corpo hídrico. As amostras foram divididas em frascos de vidro com capacidade de um litro, de acordo com o desenvolvimento do experimento.

O experimento foi classificado em quatro etapas com 38 matrizes de efluente, sem repetições, uma vez que o objetivo deste trabalho foi observar apenas a resposta de degradação dos micropoluentes diante dos tratamentos UV e UV/ H_2O_2 , em diferentes condições de tratamento. Foram analisadas nove amostras filtradas e nove amostras não filtradas submetidas ao tratamento UV. E ainda analisaram-se nove amostras filtradas e nove amostras não-filtradas, as quais foram submetidas ao tratamento UV/ H_2O_2 . Foram utilizadas quatro amostras sem tratamentos os padrões (brancos), para verificar as concentrações iniciais dos micropoluentes orgânicos.

Para a avaliação do tratamento UV, foram utilizadas 18 amostras de efluente com volume de um litro filtradas e não filtradas. As amostras filtradas e não filtradas foram submetidas ao tratamento sob diferentes condições de tempo de contato e pH. As nove amostras foram filtradas com filtros de celulose, com porosidade de 0,45 μm , por meio de uma bomba de pressão a vácuo, para retirar as partículas sólidas suspensas do efluente. Já a segunda etapa experimental da Técnica UV, também utilizou nove frações de 1 litro de efluente não filtrada, para verificar se as partículas sólidas em suspensão podem influenciar no tratamento. Também foi utilizadas duas amostras padrões (Branco), sendo uma filtrada e outra não filtrada.

As matrizes foram divididas em três pHs diferentes, pH 4, pH 7 e pH 9 e diferentes tempos de contato, (t) 1 min, (t) 3 min e (t) 5 min.

Para atingir o pH 4 na amostra foi necessário a titulação de ácido sulfúrico (H_2SO_4), controlando a alteração do pH por meio de um pHmetro, previamente calibrado por uma solução tampão 4 e 9. Para elevação do pH do efluente para 9 foi empregado a adição de hidróxido de sódio (NaOH), tanto para ao tratamento UV quanto para o UV/ H_2O_2 .

As amostras foram colocadas em um reator UV com fluxo fechado, no qual tiveram um tempo de contato determinado no processo de tratamento, sendo retiradas no final de cada tempo, por meio de uma mangueira de escape do reator.

Para o desenvolvimento do experimento com a técnica combinada de UV/ H_2O_2 foram utilizadas nove amostras filtradas e nove amostras não filtradas de efluente seguindo a mesma metodologia do UV. Nessa técnica de tratamento foi adicionada uma dose de 100 μ m de peróxido de hidrogênio (H_2O_2) a uma concentração molar de 30%, depois de ter colocado cada amostra de efluente no reator UV.

No final dos tratamentos UV e UV/ H_2O_2 , os efluentes que estavam com pH 4 e pH 9 receberam hidróxido de sódio e ácido sulfúrico para ajustar o pH em pH 7, ou seja, pH neutro para receber 3 μ L dos padrões externo com a finalidade de melhoria da matriz e precisão dos resultados como: AHTN d^3 em metanol 1,1 ng/ μ L, cafeína em metanol 2,15 ng/ μ L, STD 72 – 68/2 DEHP d^4 em MeOH 2ng/ μ L, STD 44 – 10/2 PAK-mix fenantreno e perdeuterados em tolueno 1 ng/ μ L; e serem homogeneizados por um tempo de 30 minutos, através da agitação com agitadores magnéticos.

Para separar os micropoluentes da amostra de efluente foi utilizado o princípio do método de extração líquido – líquido (ELL), o qual é dividido e três etapas: extração, concentração e quantificação de acordo com o método 3510c da USEPA (1996). Esse método se fundamenta na partição da matriz entre duas fases imiscíveis: a orgânica e aquosa e a sua ação está diretamente pautada na afinidade do analito com o solvente de extração, sendo assim a razão entre as fases e o número de extrações.

A análise envolvida no procedimento para identificar os micropoluentes orgânicos extraídos das amostras do efluente foi realizada por meio do cromatógrafo gasoso com sistema de detecção de massa (CG-MS). Neste equipamento foram determinadas as concentrações e áreas dos picos cromatográficos dos compostos, a fim de verificar o efeito de degradação das concentrações dos poluentes orgânicos pelos processos de tratamento UV e UV/ H_2O_2 , sob diferentes condições de tempo de contato e pH.

RESULTADOS

Os resultados descrevem a influência na degradação dos grupos de micropoluentes orgânicos pertencentes aos repelentes e fármacos diante dos tratamentos UV e UV/ H_2O_2 .

Repelente (DEET) Tratamento UV

O tratamento UV apresentou uma redução na concentração do repelente DEET nas amostras filtradas com pH 4, pH 9 e pH 7. Essas amostras apresentaram uma taxa de remoção de 76% para o pH 4 de 70% para a amostra com pH 9 e de 69% para amostra com pH 7.

As amostras não filtradas apresentaram uma diferença na redução em sua concentração em relação às amostras não filtradas de aproximadamente 3%. Nessas amostras foi possível perceber uma redução em suas concentrações de 72% para a amostra com pH 4 e de 69% para a amostra com pH 7 e de 67% para amostra com pH 9, no final do tempo de contato de 5 minutos, como mostra os gráficos 1 e 2.

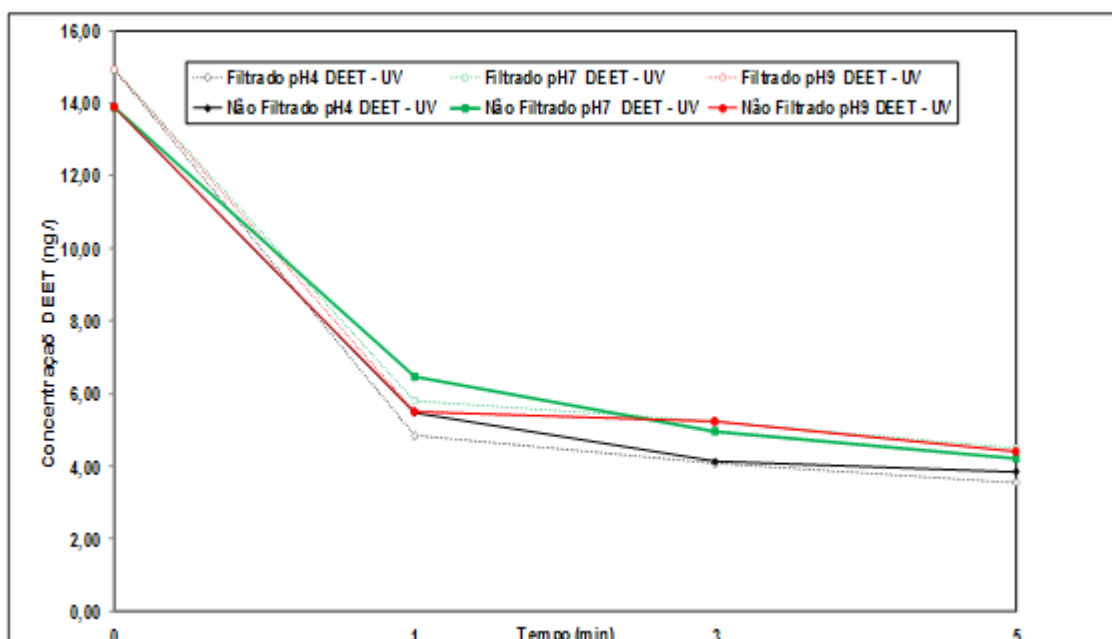


Figura 1 - Concentração do DEET com o tratamento com radiação UV.

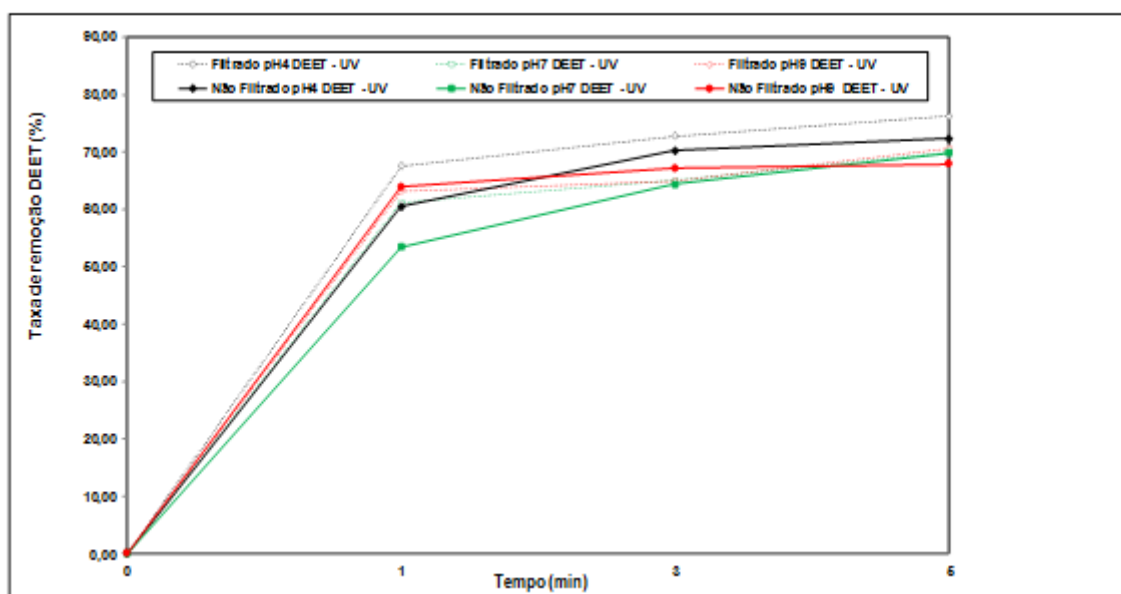


Figura 2 - Taxa de remoção do DEET como o tratamento UV.

Fármacos (Diclofenaco) Tratamento UV

O composto diclofenaco na presença do tratamento UV apresentou uma redução significativa das concentrações das diferentes amostras filtradas e não filtradas. Nas amostras filtradas, foi possível observar uma remoção de 94% para a amostra com pH 4 de 92% para a amostra com pH 9 e de 85% para amostra com pH 7, no final de cinco minutos de tempo de contato.

As amostras não filtradas apresentaram uma redução de 90% para o pH 7, de 90% para amostra com pH 4 e de 67% para a amostra com pH 9. Observa-se que a diferença entre as amostras filtradas e não filtradas foi mais evidente entre a amostra com pH 9 filtrada e pH 9 não filtrada, remoção 27% superior em relação à a mais para a amostra filtrada. Para amostra com pH 7 filtrada a diferença observada foi muito pequena, apenas de 5% em relação a amostra não filtrada com pH 7, como mostram os gráficos 3 e 4.

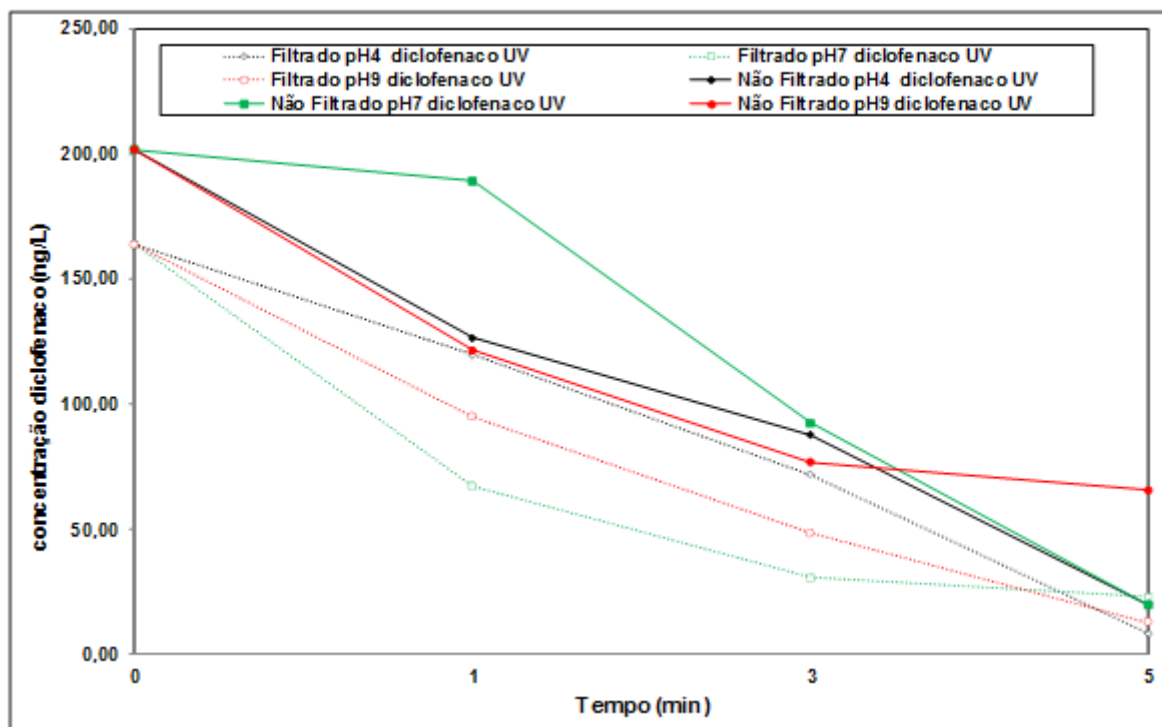


Figura 3 - Concentração do diclofenaco com o tratamento UV.

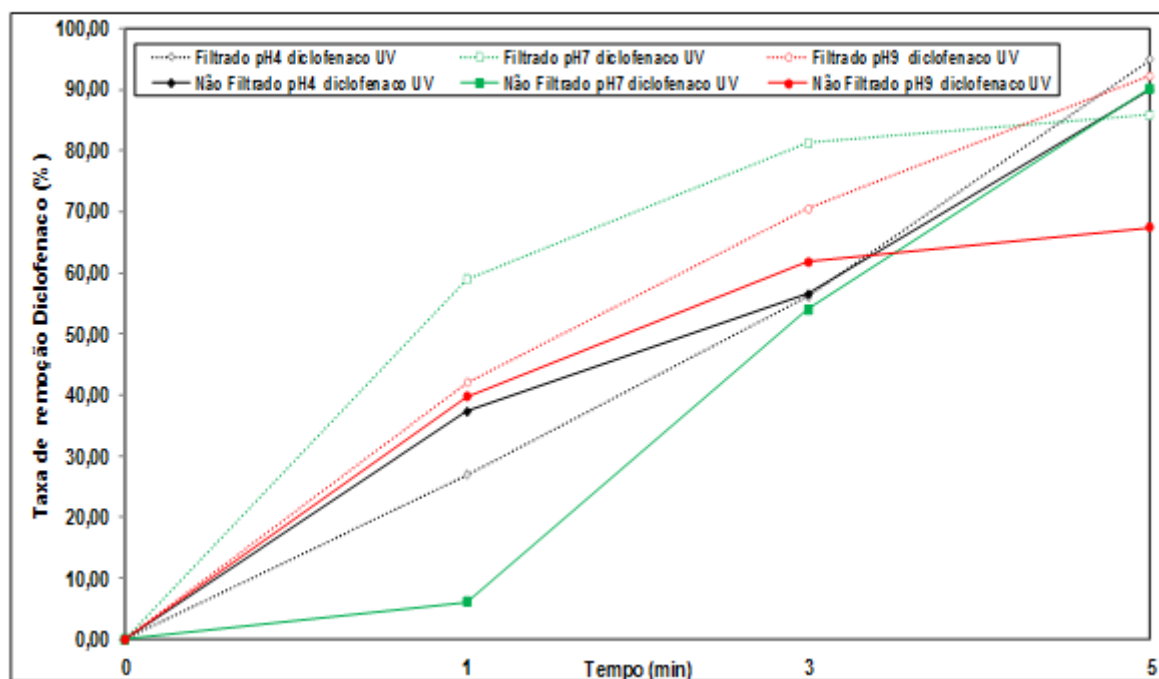


Figura 4 - Taxa de remoção do Diclofenaco com o tratamento UV.

Fármacos (Lidocaína) tratamento UV

A concentração do anestésico lidocaína na presença da radiação UV apresentou uma redução significativa durante o tempo de exposição das amostras. As amostras filtradas evidenciaram uma degradação da concentração de 57%, na amostra com pH 4, de 57% para amostra com pH 9 e de 53% para a amostra com pH 7.

No que se refere às concentrações das amostras não filtradas, o efeito do tratamento não indicou uma diferença significativa, quando comparado com os resultados obtidos com as amostras filtradas, como mostram os gráficos 5 e 6. Nota-se que para este grupo de amostras, a concentração apresentou uma redução de 56% para a amostra com pH 9 e de 52% para a amostra com pH4 e a amostra com pH 7 obteve uma redução de 45%.

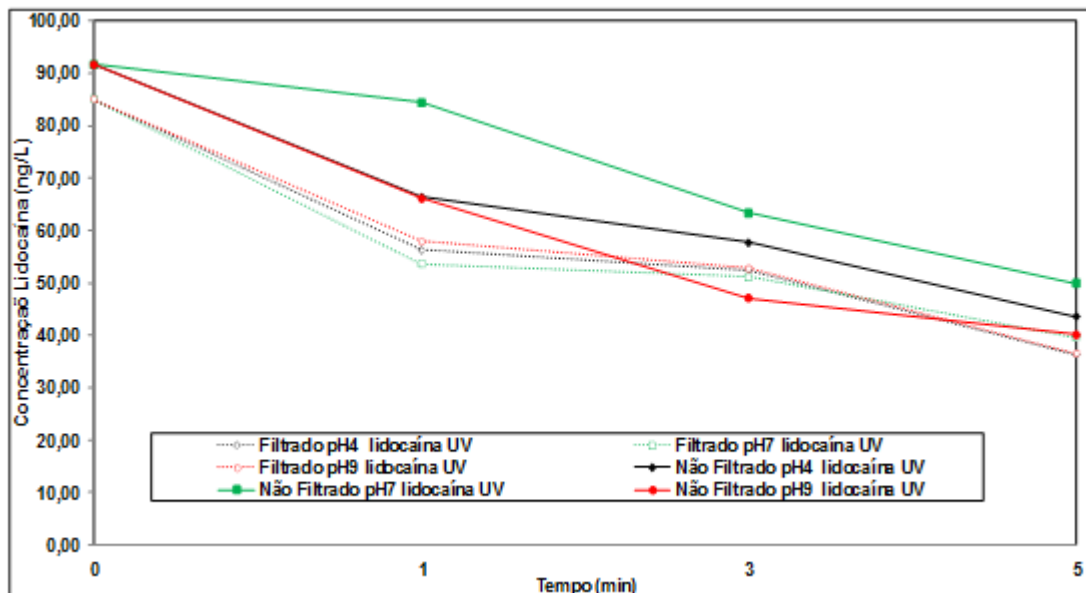


Figura 5 – Concentração da Lidocaína com o tratamento UV.

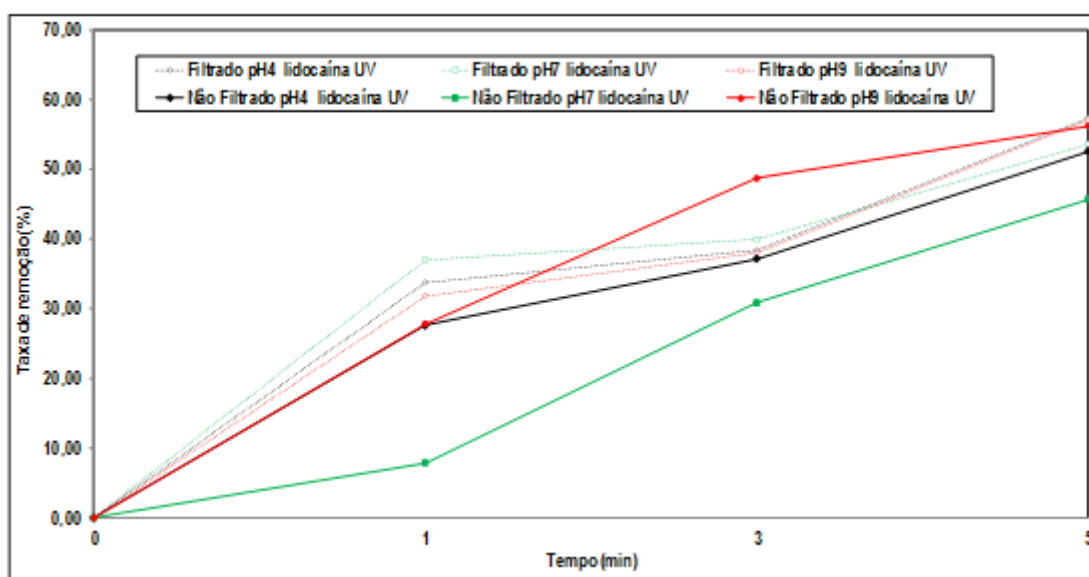


Figura 6 - Taxa de remoção da Lidocaína com o tratamento UV.

Repelente (DEET) tratamento UV/H₂O₂

O repelente DEET indicou uma redução em sua concentração nas amostras de efluentes filtradas e não filtradas, diante do tratamento com UV/H₂O₂ sob as condições experimentais como tempo e pH. O poluente DEET exibiu uma redução em sua concentração nas diferentes amostras filtradas e não filtradas, como mostram os gráficos 7 e 8. Para as amostras filtradas, foi possível observar uma redução de 78% para o pH 4 de 73% para o pH 7 e de 71% para a amostra com pH 9. As amostras não filtradas apresentaram uma pequena diferença, em relação às amostras filtradas. Essas amostras indicaram uma taxa de remoção de 76% para o pH 4 de 72% para o pH 9 e de 66% para a amostra com pH 7.

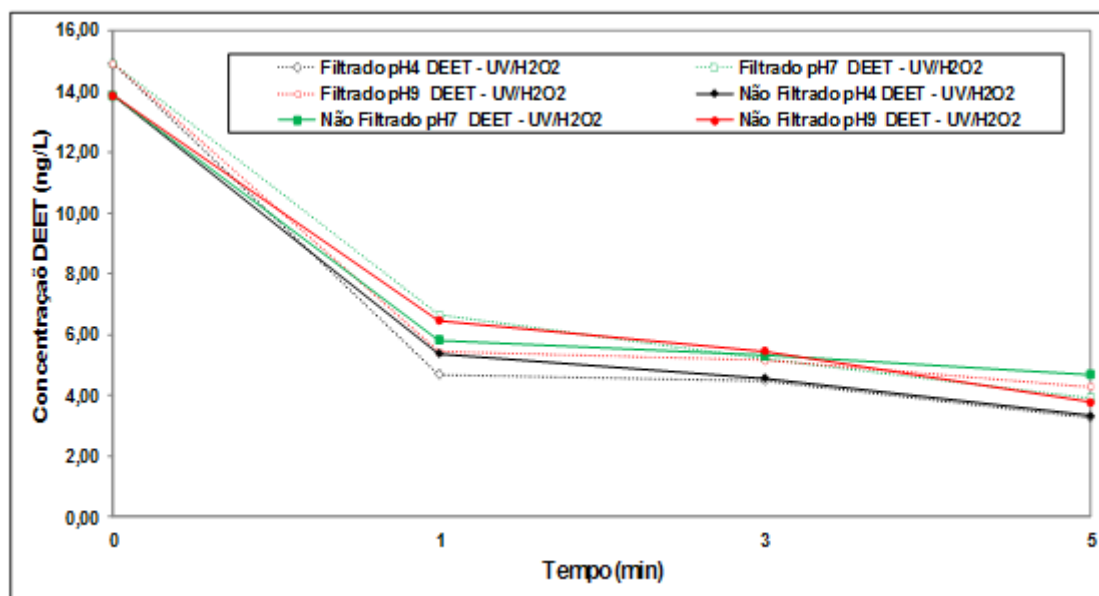


Figura 7 – Concentração do DEET com o tratamento UV/H₂O₂.

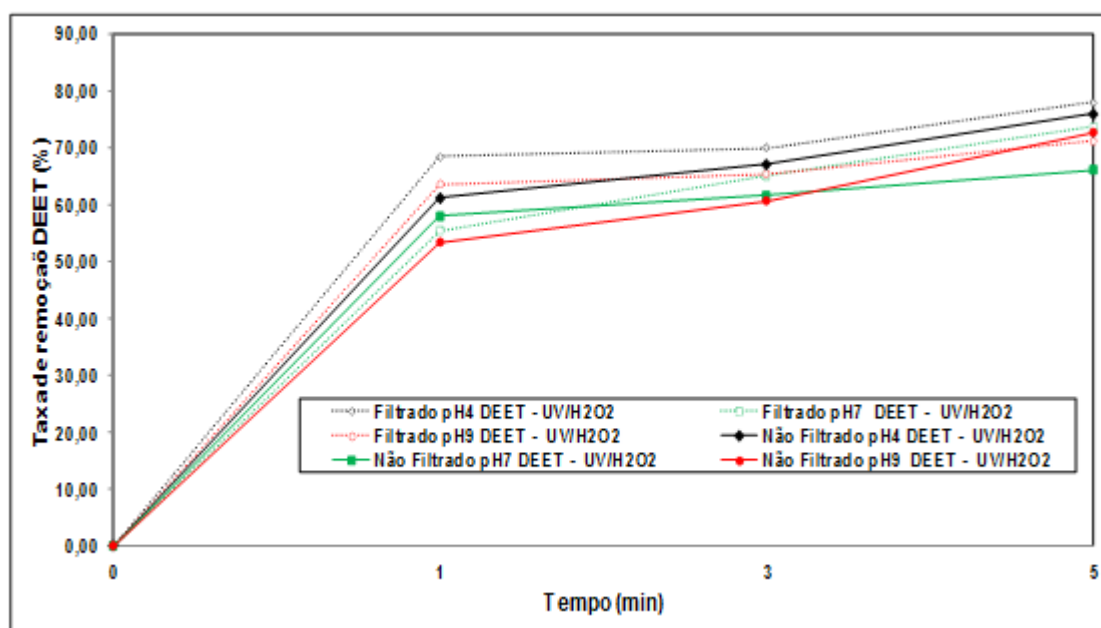


Figura 8 - Taxa de remoção do DEET com o tratamento UV/H₂O₂.

Fármacos (Diclofenaco) tratamento UV/H₂O₂

O tratamento com UV/H₂O₂ proporcionou uma redução da concentração do diclofenaco nas diferentes amostras filtradas e não filtradas, sendo que com esse último grupo de amostra obteve-se um melhor resultado, como exibem os gráficos 9 e 10. Assim as amostras não filtradas apresentaram uma redução muito significativa das concentrações, no decorrer do tempo de contato, com 87% para o pH 9, de 82% para o pH 7 e de 81% para a amostra com pH 4. As concentrações das amostras filtradas, também apresentaram uma redução significativa no final do tempo de cinco minutos de contato. Para a amostra com pH 7 foi possível observar uma redução de 86%, para a amostra com pH 4 um taxa de remoção de 81% e para a amostra com pH 9, constatou-se uma degradação de 77% de sua concentração.

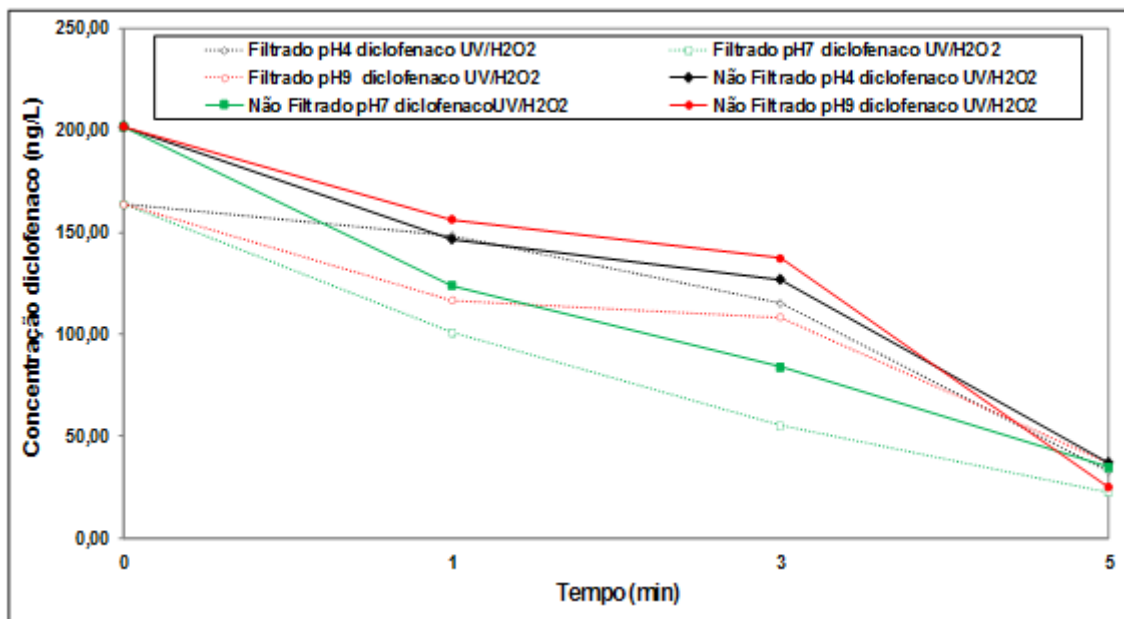


Figura 9 - Concentração do Diclofenaco com o tratamento UV/H₂O₂.

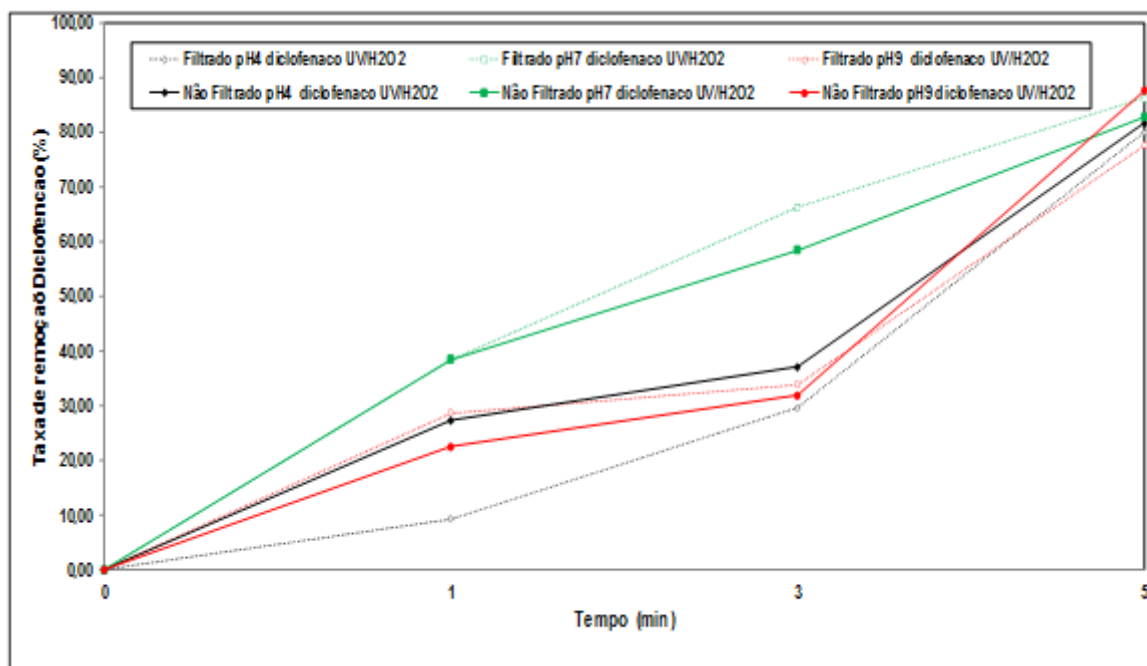


Figura 10 – Taxa de remoção do Diclofenaco com o tratamento UV/H₂O₂.

Fármaco (Lidocaína) tratamento UV/H₂O₂

O analgésico lidocaína após o tratamento UV/H₂O₂ apresentou uma redução em suas concentrações ao final do tempo de contato de 5 minutos, nas amostras filtradas e não filtradas, como mostram os gráficos 11 e 12.

As amostras filtradas apresentaram uma taxa de remoção de 64% para o pH 4, de 57% para o pH 7 e de 55% para a amostra com pH 9. Para as amostras não filtradas, a taxa de degradação diante do tratamento foram de 53% para o pH 9, de 52% para o pH 4 e de 40% para a amostra com pH 7. Assim, observa-se que a diferença entre as amostras filtradas e não filtradas foi muito pequena, como exibem os gráficos 11 e 12.

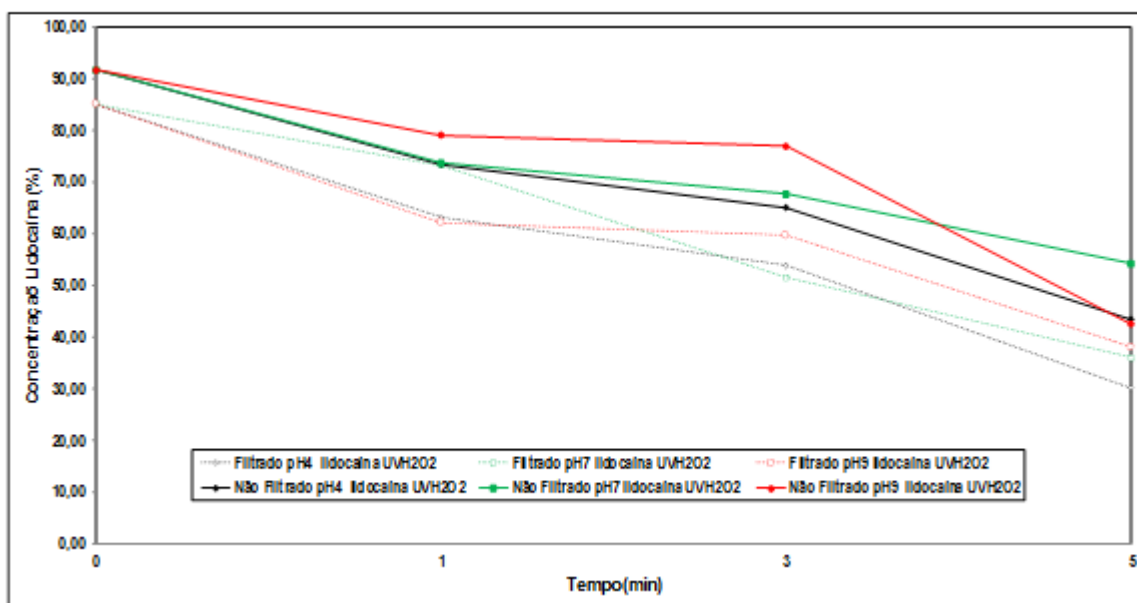


Figura 11 – Concentração da Lidocaína com o tratamento UV/H₂O₂.

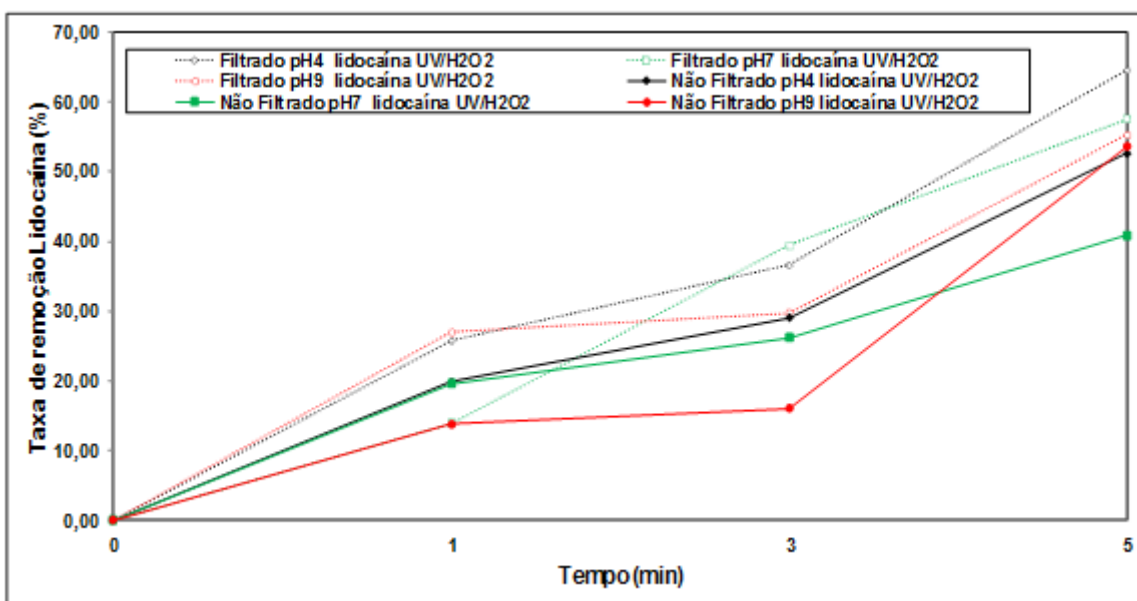


Figura 1 - Taxa de remoção da Lidocaína com o tratamento UV/H₂O₂.

Comparações do Tratamento UV e com O Tratamento UV/H₂O₂ nas Degradações dos Micropoluentes Orgânicos

Os gráficos a seguir apresentam uma comparação da ação dos tratamentos UV e UV/H₂O₂ nos micropoluentes orgânicos, sob as diferentes condições experimentais de tempo e pH.

Repelente (DEET)

A eficiência de remoção do repelente DEET foi superior a 70% nos dois tratamentos utilizados, o UV e o UV/H₂O₂. Nos resultados apresentados no gráfico 13, observa-se que o tratamento UV/H₂O₂ mostrou valores maiores na taxa de remoção do DEET, tanto nas amostras filtradas quanto nas amostras não filtradas.

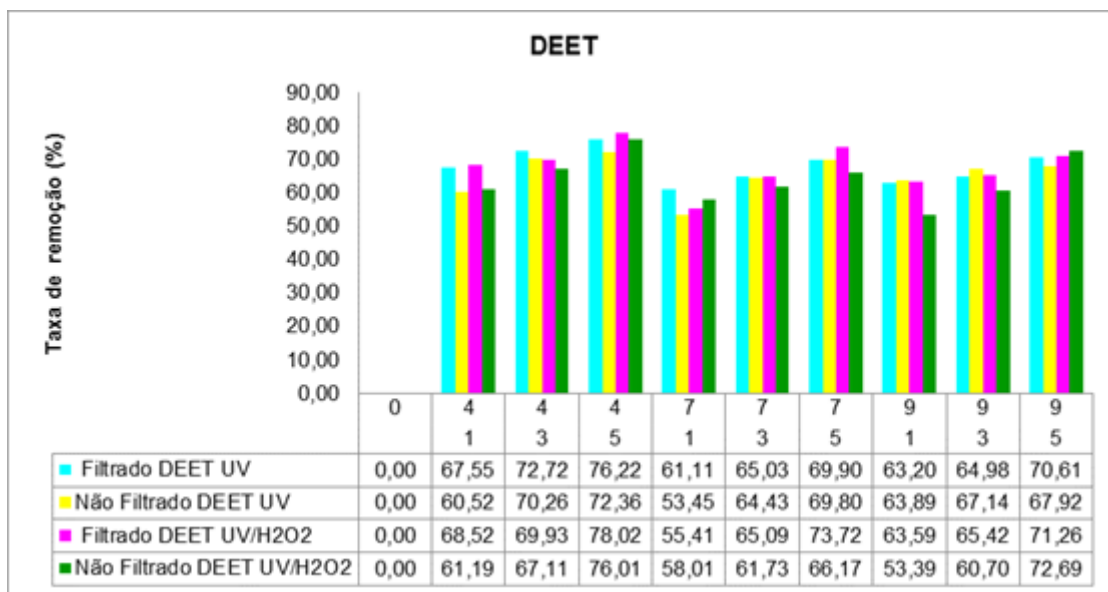


Figura 13 – Comparação da taxa de remoção do DEET entre dos tratamentos UV e UV/H₂O₂.

O resultado apresentado no gráfico 13 indica que o tratamento UV/H₂O₂ obteve uma eficiência de 78% nas amostras filtradas com pH 4, com o tempo de contato de 5 minutos. Também, pode-se observar que o tratamento UV, nas amostras filtradas com pH 4, apresentou uma taxa de remoção no final de 5 minutos de tratamento.

Fármaco (Diclofenaco)

Por meio da análise realizada no gráfico 14 é possível constatar que o tratamento UV obteve melhores resultados, quando comparados com o tratamento UV/H₂O₂ aplicado na degradação do diclofenaco, nas amostras de efluente filtradas e não filtradas. Também foi possível observar que a degradação desta substância ocorre ao longo do tempo de exposição nos diferentes tratamentos.

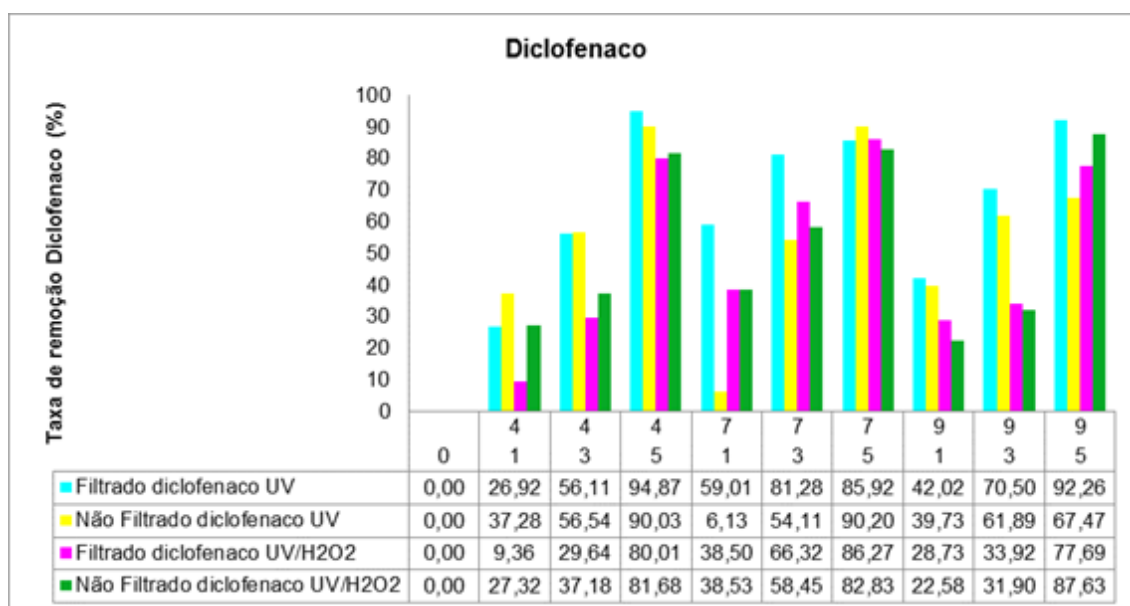


Figura 2 – Comparação da taxa de remoção do Diclofenaco entre os tratamentos UV e UV/H₂O₂.

Os resultados de degradação apresentados no gráfico 14, diante do tratamento UV foram de 94% de remoção na amostra filtrada com o pH 4, no final do tempo de contato de 5 minutos. Também é possível observar que

as amostras não filtradas com pH 7 e pH 9 demonstraram uma eficiência de 90% e de 90%, no final do tempo de contato de 5 minutos.

Fármaco (Lidocaína)

O analgésico lidocaína submetido ao tratamento UV/H₂O₂ nas amostras filtradas com pH 4, no final do tempo de contato de 5 minutos apresentou a maior eficiência de remoção no tratamento.

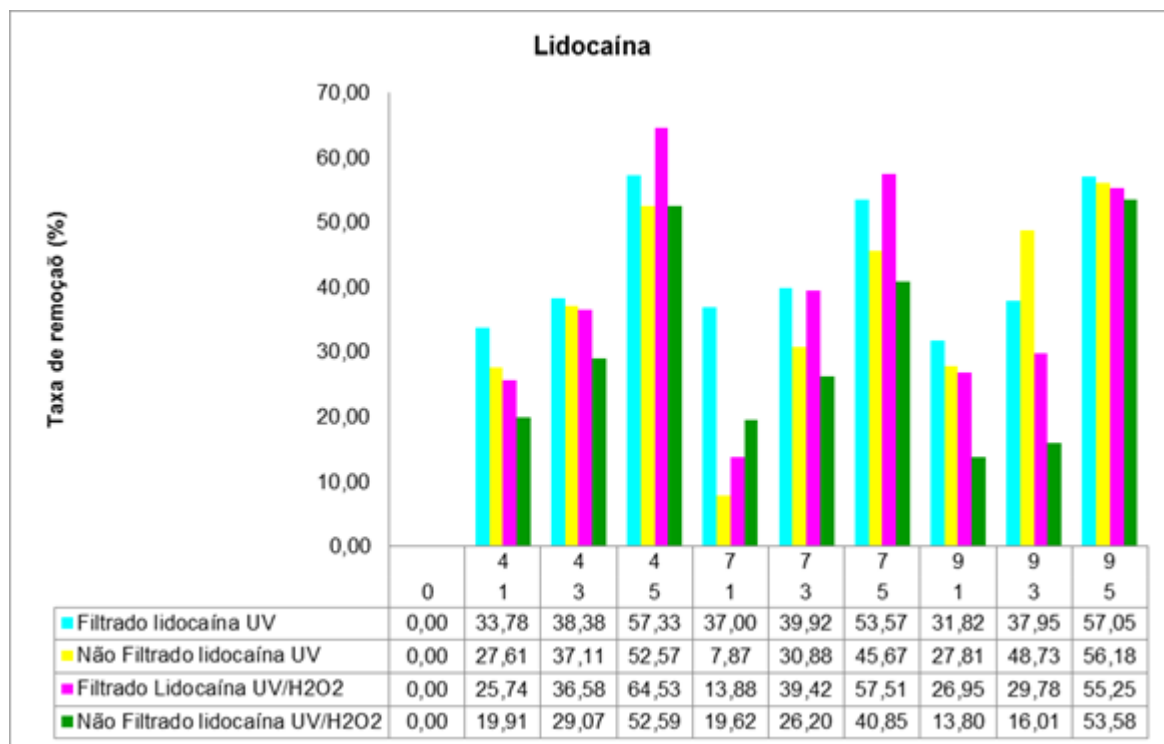


Figura 3 – Comparação da taxa de remoção da Lidocaína entre os tratamentos UV e UV/H₂O₂.

Assim sendo, observa-se a partir do exposto no gráfico 35 que o tratamento UV/H₂O₂ obteve uma eficiência de 64,53% na degradação da lidocaína. Também é possível observar que o tratamento UV, nas amostras não filtradas com pH 9, apresentou uma resposta de degradação de 56,18% de eficiência, no final do tempo de contato de 5 minutos.

CONCLUSÃO

A degradação dos micropoluentes orgânicos em efluente doméstico é um dos grandes desafios para os gestores das estações de tratamentos domésticos. Assim pode-se verificar neste trabalho, que os micropoluentes orgânicos como o repelente DEET e os fármacos diclofenaco e a lidocaína submetidos aos tratamentos UV e UV/H₂O₂, apresentaram resultados eficientes no processo de degradação.

Nos testes experimentais com processo avançado UV e UV/H₂O₂ realizados em laboratório com os micropoluentes orgânicos pertencentes aos grupos de higiene pessoal, repelente e fármacos, pode-se constatar que houve uma degradação na concentração das substâncias, conforme a condição do tempo, pH e filtragem. Observou-se que os tratamentos apresentaram um melhor resultado com amostras filtradas com pH 4, com tempo de contato de 5 minutos.

A comparação entre os tratamentos UV e UV/H₂O₂ mostrou uma diversidade de resultados, dependendo do, micropoluente considerado, não sendo possível descrever um comportamento padrão para essas substâncias avaliadas. Percebe-se que para o DEET e os resultados foram semelhantes tanto para o tratamento UV nas amostras filtradas para e não filtradas, com pH 4, com o tempo de cinco minutos.

Dentre os tratamentos utilizados no processo experimental nesse trabalho, o que apresentou uma resposta na degradação da maioria dos micropoluentes, exceto com o diclofenaco foi o tratamento UV/H₂O₂. De tal modo pode-se concluir que o processo oxidativo avançado UV/H₂O₂ pode ser indicado para o tratamento de efluente doméstico na degradação de compostos orgânicos, considerando tempo de contato adequado e garantindo um pH ácido.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. BILA, D. M.; DEZOTTI, M. Desreguladores endócrinos no meio ambiente: efeitos e consequências. *Química Nova*, v. 30, n. 3, p. 651-666, 2007.
2. COLBORN, T.; DUMANOSKI, D.; MYERS, J. O futuro roubado. Porto Alegre: L&PM, 2002.
3. GIRI, R. R.; OZAKI, H.; TAKAYANAGI, Y.; TANIGUCHI, S.; TAKANAMI, R. Efficacy of ultraviolet radiation and hydrogen peroxide oxidation to eliminate large number of pharmaceutical compounds in mixed solution. *Int. J. Environ. Sci. Tech.*, v. 8, p. 19-30, 2011.
4. JONES, K. C.; VOOG, P. Persistent organic pollutant (POPs): state of the science. *Environmental Pollution*, v. 100, p. 209-221, 1999.
5. LOGANATHAN, G. B.; KANNAN, K. Global organochlorine contamination trends: an overview. *AMBIO*, v. 23, p. 187-190, 1994.
6. MELO, S. A. S.; TROVÓ, A. G.; BAUTITZ, I. R.; NOGUEIRA, R. F. P. Degradação de fármacos residuais por processos oxidativos avançados. *Química Nova*, v. 32, n. 1, p. 188-197, 2009.
7. KIM, I. H.; TANAKA, H.; IWASAKI, T.; TAKUBO, T.; MORIOKA, T.; KATO, Y. Classification of the degradability of 30 pharmaceuticals in water with Ozone, UV and H₂O₂. *Water Sci. Technol.*, v. 57, p. 195-200, 2008.
8. KIM, I. H.; YAMASHITA, N.; TANAKA, H. Performance of UV and UV/H₂O₂ processes for the removal of pharmaceuticals detected in secondary effluent of a sewage treatment plant in Japan. *Journal of Hazardous Materials*, v. 166, p. 1134-1140, 2009.
9. PETROVA, G. S. Elimination of ten organic micropollutants in water via advanced oxidation processes (AOPs). Duisburg: Bachelor Thesis, 2010.
10. REIS, F. R. W.; BARREIRO, J. C.; VIEIRA, E. M.; CASS, Q. B. Fármacos, etes e corpos hídricos. *Revista Ambi-Água*, v. 2, n. 3, p. 54-61, 2007.
11. USEPA. Método 3510c: separatory funnel liquid – liquid extraction. 1996. Disponível em: <<http://www.epa.gov/osw/hazard/testmethods/sw846/pdfs/3510c.pdf>>. Acesso em 28 mar. 2011.