

III-259 - IDENTIFICAÇÃO DE COMPOSTOS ORGÂNICOS EM LIXIVIADO DE ATERRO SANITÁRIO

Edilma Rodrigues Bento Dantas⁽¹⁾

Engenheira Sanit. e Ambiental pela Universidade Estadual da Paraíba (UEPB). Mestre em Saneamento e Recursos Hídricos pela Universidade Federal de Campina Grande (UFCG). Doutoranda em Engenharia Ambiental pela UEPB.

Wilton Silva Lopes

Químico Industrial pela Universidade Estadual da Paraíba (UEPB). Doutor em Química pela UFPB. Professor do Departamento de Engenharia Sanitária da UEPB.

Valderi Duarte Leite

Engenheiro Químico pela Universidade Federal da Paraíba. Doutor em Engenharia Civil pela EESC/USP. Professor do Departamento de Engenharia Sanitária da UEPB.

José Tavares de Sousa

Engenheiro Químico pela Universidade Federal da Paraíba. Doutor em Engenharia Civil pela EESC/USP. Professor do Departamento de Engenharia Sanitária da UEPB.

Josivandro do Nascimento Silva

Químico pela Universidade Estadual da Paraíba (UEPB). Mestrado em Química Inorgânica Universidade Federal de Pernambuco (DQF-UFPE). Doutor em Ciência de Materiais na (UFPE).

Endereço⁽¹⁾: Rua José Gonçalves de Lucena, 246 - Cruzeiro – Campina Grande - PB - CEP: 58415375 - Brasil - Tel: (83) 33213434 - e-mail: edilma.dantas@hotmail.com

RESUMO

Esta pesquisa teve como objetivo a identificação de compostos orgânicos no lixiviado bruto proveniente do aterro sanitário de Puxinanã-PB e também no lixiviado tratado por Processo Oxidativo Avançado (Fenton). A identificação dos compostos foi feita por cromatografia gasosa acoplada à espectrometria de massa (GC-MS). Foi realizada a caracterização físico-química do lixiviado antes e depois do tratamento Fenton. Os parâmetros utilizados na caracterização das duas etapas foram: Demanda Química de Oxigênio (DQO), cor verdadeira, Demanda Biológica de Oxigênio (DQO), Carbono Orgânico Dissolvido (COD) e nitrogênio amoniacal. O lixiviado tratado por processo Fenton teve uma remoção de 87% da DQO, 89% da cor verdadeira, 89% do COD e remoção superior a 70% de DBO. A relação DBO₅/DQO para o lixiviado bruto foi de 0,33 após o tratamento foi para 0,77. Foram identificados diversos compostos orgânicos no lixiviado bruto, dentre eles o 4,4-isopropilideno-di-fenol (Bisfenol A), o Di-(2-propilpentil) éster ftálico e Di isooctil ftalato, considerados desreguladores endócrinos. Após o tratamento Fenton dois destes compostos permaneceram no lixiviado tratado o Bisfenol A e o Di-(2-propilpentil) éster ftálico. O naftaleno que também é considerado um desregulador endócrino foi encontrado apenas no lixiviado tratado.

PALAVRAS-CHAVE: Lixiviado, Fenton, compostos orgânicos, Desreguladores Endócrinos

INTRODUÇÃO

Segundo Xie *et al.* (2010) o lixiviado de aterro sanitário apresenta alto potencial poluidor pois sua composição é bastante heterogênea. Este tipo de efluente é caracterizado por uma mistura complexa de matéria orgânica dissolvida, macropoluentes inorgânico, metais pesados e compostos orgânicos xenobióticos (CHRISTENSEN *et al.*, 2001). Tais características conferem ainda cor intensa e elevada concentração de nitrogênio amoniacal (MEEROFF *et al.*, 2012).

Embora o lixiviado apresente composição relativamente conhecida suas características podem mudar muito, pois dependem dos resíduos sólidos dispostos em seu interior e da idade do aterro sanitário. Sendo assim a escolha do tipo de tratamento que será empregado dependerá das características do lixiviado. Usualmente as técnicas mais utilizadas para o tratamento do lixiviado são fundamentadas em processos biológicos, que segundo Moravia *et al.* (2011) são ineficientes no tratamento de lixiviados antigos que possuem altas concentrações de matéria orgânica, nitrogênio amoniacal e cor verdadeira, além de terem em sua composição compostos orgânicos recalcitrantes que são de difícil degradação.

Zhang *et al.* (2012) atestam a mesma tendência ao aumento da recalcitrância em lixiviados antigos de aterros sanitários chineses fato que inviabiliza o tratamento destes lixiviados biologicamente. Alguns autores afirmam ainda para o tratamento do lixiviado as opções possíveis são as aquelas que são utilizadas para o tratamento de efluentes industriais que envolve geralmente tratamentos químicos e físicos (KULIKOWSKA e KLIMIUK 2008; SPAGNI e MARSILI-LIBELLI 2008).

A escolha do melhor método de tratamento de lixiviado deve ser norteadas por uma caracterização criteriosa de suas propriedades, o que inclui caracterização físico-química e também a identificação dos compostos orgânicos. A caracterização físico-química dos lixiviados é largamente utilizada, mas a caracterização dos compostos orgânicos é mais recente no Brasil e apesar de grande número de compostos identificados há pouco conhecimento sobre seus efeitos ao meio ambiente e a saúde humana (RIGOBELLO *et al.* 2015). Dentre os compostos orgânicos que são encontrados no lixiviado podemos destacar hidrocarbonetos aromáticos policíclicos, cetonas, álcoois, ftalato, fenóis, ácidos carboxílicos, amidas e hidratos de carbono. (SANG *et al.* 2008; SANNA *et al.* 2003; KUMARATHILAKA *et al.* 2016; MONJE-RAMIREZ e VELASQUEZ 2004; STRELAU *et al.* 2009). Muitos destes compostos podem ser considerados como persistentes no meio ambiente com efeitos cancerígenos e alguns, como o di-isooctil ftalato, dietil ftalato, nonilfenol, naftaleno, antraceno e Bisfenol A são classificados com desreguladores endócrinos (RIGOBELLO *et al.* 2015; BILA *et al.* 2007).

A identificação destes compostos orgânicos é imprescindível visto que podem auxiliar na escolha do melhor tratamento segundo a característica do lixiviado, evitando assim a contaminação de águas subterrâneas e superficiais.

Um das alternativas para o tratamento de lixiviado de aterro sanitário é a utilização de Processos Oxidativos Avançados (POAs), que são baseados na geração de radicais hidroxila ($\text{HO}\bullet$), espécie extremamente reativa e pouco seletiva, com potencial de oxidação de 2.80 V, que é capaz de degradar grande variedade de substâncias inclusive compostos não biodegradáveis (ANFRUNS *et al.*, 2013).

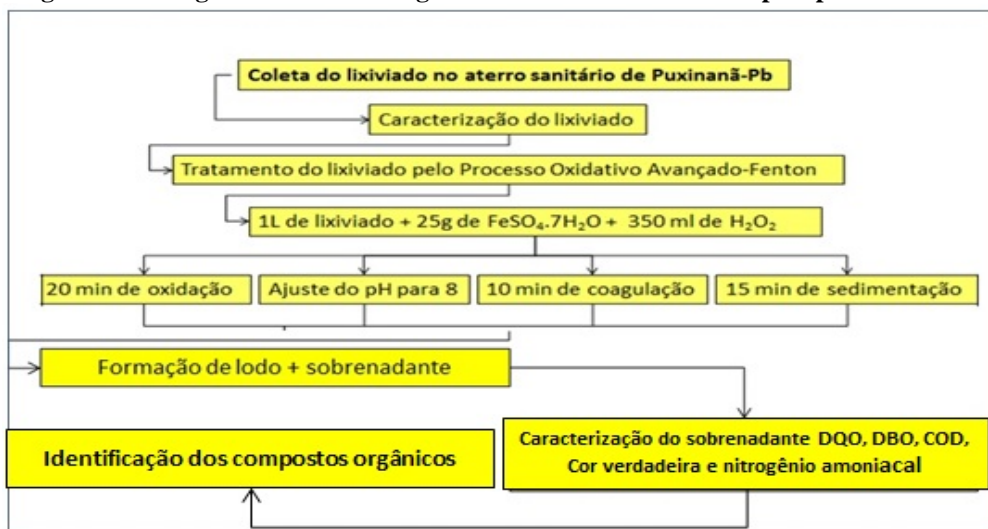
Um dos POAs mais promissores é o Fenton que consiste na reação entre íons de Fe^{2+} e peróxido de hidrogênio (H_2O_2) gerando radicais $\text{HO}\bullet$ através de uma complexa sequência de reações que converte compostos orgânicos em CO_2 e H_2O (BOKARE e CHOI 2014).

Diante do exposto, o objetivo deste trabalho foi a identificação dos compostos orgânicos (especificamente os considerados desreguladores endócrinos) no lixiviado bruto e lixiviado tratado por processo Fenton.

METODOLOGIA

O lixiviado utilizado para o desenvolvimento da pesquisa foi coletado no aterro sanitário localizado no município de Puxinanã-PB e o sistema experimental foi monitorado nas dependências da Estação Experimental de Tratamentos Biológicos (EXTRABES). Os parâmetros otimizados utilizados nesta pesquisa foram definidos por SILVA (2014) e foram os seguintes: Dosagem do reagente Fenton: 25g/L de Fe^{+2} , razão molar ($\text{Fe}^{+2}/\text{H}_2\text{O}_2$) de 1:9, pH de oxidação igual a 2,0, tempo de oxidação de 20 minutos, tempo de coagulação de 15 minutos (com pH igual a 8,0) e tempo de sedimentação de 10 minutos. A Figura 1 mostra o processo detalhadamente.

Figura 1: Fluxograma da metodologia de tratamento de lixiviado pelo processo Fenton



Foram coletadas 6 amostras de lixiviado cada uma com 1L e pH de 9,1. Estas amostras foram vertidas em 6 baldes de 10L de capacidade em seguida foi adicionado o reagente Fenton que nada mais é que a junção do sulfato de ferro e do peróxido de hidrogênio. Posteriormente as amostras foram colocadas em 6 jarros de um *Jar Test* e sob agitação magnética (1000 s^{-1}) por 10 s de mistura rápida neste momento começou-se a quantificar o tempo de oxidação. Findada esta etapa adicionou-se o agente alcalinizante (NaOH) até o pH 8,0, seguido de um tempo de mistura rápida de 10 s^{-1} . Neste momento foi inicializada a fase de coagulação com 10 min de agitação com gradiente de 30 s^{-1} . Após o fim desta etapa o volume dos 6 jarros do *Jar Test* foram transferido para cones de Imhoff iniciando-se 15 min de tempo de sedimentação.

Para realização dos ensaios, foi utilizado um equipamento de *Jar test* da marca PoliControl, apto a conferir gradientes de velocidade máximos de 1000 s^{-1} (Figura 2).

Figura 2: *Jar Test* da marca PoliControl, utilizado no teste



Caracterização Físico-Química

Após a sedimentação do lodo formado foi coletada amostra do sobrenadante e foram feitas as seguintes análises DBO, DQO, COD, cor verdadeira e nitrogênio amoniacal de acordo com os métodos preconizados por APHA (2012).

Caracterização dos compostos orgânicos no lixiviado de aterro sanitário

A identificação dos compostos orgânicos presentes no lixiviado bruto e tratado foi dividida em duas etapas, primeiro foi feita a extração dos compostos orgânicos do lixiviado utilizando o procedimento de Extração Líquido-Líquido (ELL) e posteriormente foi feita a identificação em cromatógrafo a gás acoplado um espectrômetro de massa.

1ª Etapa: Extração Líquido-líquido (ELL) dos compostos orgânicos

Para a extração dos compostos orgânicos do lixiviado foi feita uma adaptação da metodologia utilizado por Rigobello *et al.* 2015.

Inicialmente coletou-se 240 ml do lixiviado bruto e 240 ml do lixiviado tratado por processo Fenton, posteriormente estas amostras foram filtradas em membrana de acetato de celulose com tamanho dos poros de 0,45µm.

Cada amostra de lixiviado bruto e tratado foram divididas em 3 alíquotas de 80 ml cada e ajustou-se cada alíquota para pH 2,7 e 12 conforme Tabela 1.

Tabela 1: Valores de pH utilizados na extração líquido-líquido

Amostra	Volume (mL)	pH inicial	pH ácido (80 mL)	pH neutro (80 mL)	pH básico (80 mL)
Lixiviado bruto	240	8,81	2,00	7,00	12,00
Lixiviado tratado	240	7,80	2,00	7,00	12,00

Em um funil de separação de 250 ml foi colocada a primeira alíquota de lixiviado bruto (com pH = 2) e acrescentou-se 10g de NaCl em seguida iniciou-se a extração dos compostos orgânicos presentes no lixiviado acrescentado 100 ml de Acetato de Etila P.A no funil de separação.

O funil foi selado e agitado por 5 mim, aliviando-se periodicamente a pressão em seguida a mistura foi deixada de repouso por 30 mim para se garantir a separação das fases aquosas e orgânica. A ELL foi realizada em um sistema de exaustão (capela).

Após 30 mim foi feita a separação do lixiviado bruto do acetato de etila. Devido a fase orgânica (aproximadamente 100ml) está em estado de emulsão foi necessário centrifugar por 10 mim a 2500 rpm. A fase orgânica foi transferida para um béquer de vidro de 250 ml e a fase sedimentada foi descartada.

A fase orgânica foi seca com 20g de NaSO₄ anidro (previamente seco em mufla por 4h a 400°C). Sobrenadante foi filtrado em membrana de acetato de celulose com tamanho dos poros de 0,45µm e transferido para outro béquer e o NaSO₄ foi lavado com 15 ml de Acetato de Etila filtrado novamente e transferido para o mesmo béquer do extrator isento de água.

Em seguida a fase orgânica extraída foi colocada em um dessecador e permaneceu lá até que o volume total fosse reduzido aproximadamente para 5ml.

A mesma metodologia foi utilizada para extrair os compostos orgânicos tanto do lixiviado bruto quanto do lixiviado tratado no pH igual a 2, 7 e 12.

2ª Etapa: Identificação dos compostos orgânicos e classes de compostos

Para a identificação dos compostos orgânicos presentes no lixiviado bruto e tratado foi utilizado um cromatógrafo a gás Thermo Scientific TRACE 1300 acoplado a um espectrômetro de massas com analisador quadrupolos Thermo Scientific ISQ QD. Conforme pode ser observado na Figura 4.4.

A separação cromatográfica foi feita em uma coluna capilar HP-5MS de sílica fundida (30m X 0,25mm X 0,50µm) da Agilent Technologies (EZ-Guard Columns). A programação de temperatura de forno do GC foi a seguinte: 40°C por 2min, 10°C/mim até 70°C, 5°C/mim até 250°C. O gás de arraste foi o Hélio com uma vazão de 1,0 ml min⁻¹. O modo de injeção foi *splitless* a 250°C por mim.

O volume injetado foi de 1,0µL. O tempo de corte foi de 7,5 min e o tempo total de corrida cromatográfica foi de 53 mim. A detecção foi realizada por um detector seletivo de massas com ionização por impacto de elétrons a 70 eV, em modo de ionização positiva. As análises em MS foram operadas no modo *full scan* para a identificação dos compostos orgânicos.

As temperaturas de fontes de íons e da linha de transferência do MS foram de 200°C. A faixa de varredura de *m/z* foi de 50 a 600. Os espectros de massa foram comprados com os compostos de referencia da biblioteca NIST.

RESULTADOS

Caracterização Físico-Química

O lixiviado aterro sanitário de Puxinanã-PB possui características de um lixiviado maduro pois possui elevada DQO e DBO 18008 mg/L e 6000 mg/L respectivamente. A relação DBO₅/DQO para o lixiviado bruto foi de 0,33 tal característica torna o tratamento biológico inadequado, pois possui alta taxa de material recalcitrante.

A Tabela 2 mostra a caracterização físico-química de lixiviado bruto e tratado por processo Fenton.

Tabela 2: Características físico-químicas do lixiviado bruto e tratado.

PARÂMETRO	LIXIVIADO BRUTO			LIXIVIADO TRATADO		
	Máx.	Min.	Média	Máx.	Min.	Média
pH	9,1	9,1	9,1	8,1	7,7	7,9
DQO (mg/L)	18530	17830	18008	2330	2117	2230
DBO (mg/L)	6250	5500	6000	1830	1635	1721
COD (mg/L)	12320	11890	1219	338	290	312
Cor verdadeira (uH)	4340	4035	4190	469	338	462
Nitrogênio Amoniacal	2010	1995	2002	140	162	151

A utilização do processo Fenton alcançou excelentes resultados no tratamento do lixiviado. Remoção de 70% de DBO, 87% da DQO, 89% de cor verdadeira, 89% de COD.

A relação DBO₅/DQO aumentou de 0,77.

Os resultados encontrados corroboram com os dados encontrados por Moravia *et al.* (2011) que trabalharam com lixiviado proveniente do aterro sanitário de Belo Horizonte que está em operação desde 2002. O lixiviado estudado possuía uma DQO igual 2354 mg/L, DBO de 68mg/L, relação DBO/DQO de 0,03 e nitrogênio amoniacal de 1105 mg/L. Para o tratamento deste lixiviado os autores utilizaram o POA/Fenton, a escolha foi justificada pelo fato do lixiviado ter características de lixiviado estabilizado, ou seja, alta concentração de DQO e nitrogênio amoniacal e baixa relação DBO₅/DQO. Com o tratamento Fenton foram obtidos os seguintes resultados de remoção 76% de DQO, 76% de cor verdadeira e a relação DBO₅/DQO aumentou seis vezes.

Identificação dos compostos orgânicos

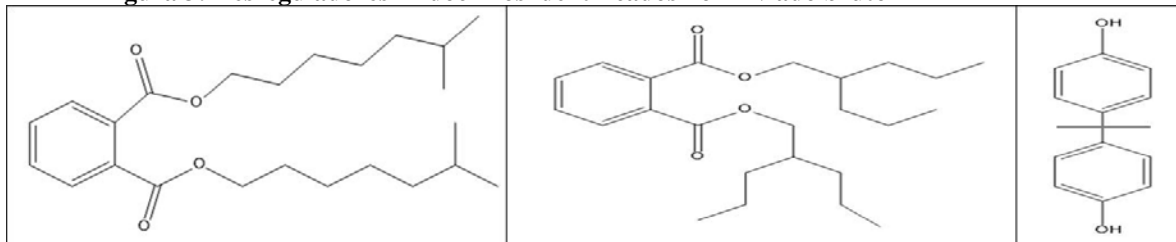
Mais de cem compostos foram identificados na caracterização do lixiviado bruto dentre eles três compostos classificados como desregulados endócrinos Di-isoctil ftalato, o Di-(2-propilpentil) éster ftálico e o 4,4-isopropilideno-di-fenol mais conhecido com Bisfenol A.

Tais compostos químicos são classificados como desreguladores endócrinos e sua presença no meio ambiente vêm aumentando nas últimas décadas fato este que tem gerado preocupação com a qualidade das águas, pois estas substâncias mesmo presentes no meio ambiente em concentrações muito baixas $\mu\text{g L}^{-1}$ e ng L^{-1} são micropoluentes que podem causar efeitos sérios na saúde pública como câncer de mama, redução da fertilidade masculina e feminina, gravidez anormal e aumento da incidência de ovários policísticos, pois são substâncias exógenas ao corpo humano e que interferem na síntese, secreção, transporte, metabolismo ou eliminação das diferentes hormônios (BILA *et al.* 2007).

Dentre os compostos desreguladores endócrinos encontrados no lixiviado de Puxinanã-PB o 4,4-isopropilideno-di-fenol (Bisfenol A) é um dos mais estudados, a Agência de Proteção Ambiental dos Estados Unidos (USEPA) vem pesquisando o Bisfenol A e outros desreguladores endócrinos desde os anos de 1990. É usado como um monômero para policarbonato e é amplamente usado na fabricação de resinas epóxi e plásticos de policarbonato (POERSCHMANN *et al.* 2010). Ftalatos como o di isooctil ftalato são geralmente encontrados em plásticos maleáveis como o cloreto de polivinil, cosméticos, produtos de higiene pessoal, tintas para impressão, adesivos, tintas para pintura e selantes.

A estrutura química dos compostos orgânicos classificados como desregulados endócrinos são mostrados na Figura 3.

Figura 3: Desreguladores Endócrinos identificados no lixiviado bruto

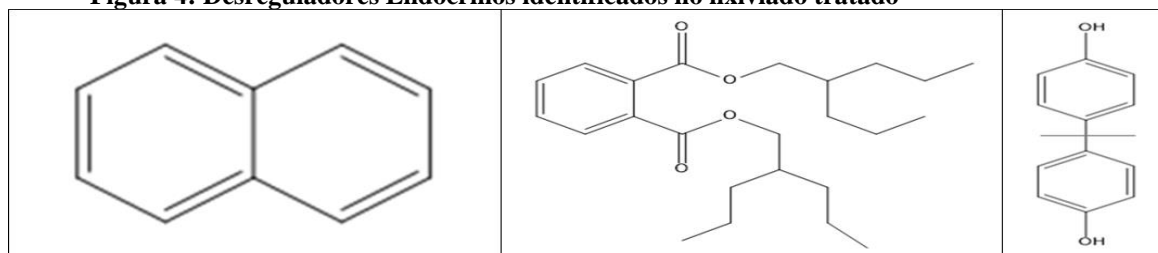


(A) Di-isoctil ftalato; (B) Di-(2-propilpentil) éster ftálico e (C) 4,4-isopropilideno-di-fenol ou Bisfenol A

Dos três compostos orgânicos encontrados no lixiviado bruto e classificados como desreguladores endócrinos apenas um foi degradado, o di-isoctil ftalato e dois permaneceram no lixiviado tratado o di (2-propilpentil) éster ácido ftálico e o 4,4-isopropilideno-di-fenol (Bisfenol A).

No lixiviado tratado foi identificado o naftaleno, outro composto orgânico que também atua como desregulador endócrino. Tal composto pode ter sido gerado como subproduto da oxidação química pelo processo Fenton. Na Figura 4 pode-se observar o naftaleno que foi gerado após o tratamento do lixiviado e os dois compostos orgânicos que foram identificados tanto no lixiviado bruto quanto no lixiviado tratado.

Figura 4: Desreguladores Endócrinos identificados no lixiviado tratado



(A) Naftaleno; (B) Di-(2-propilpentil) éster ftálico e (C) 4,4-isopropilideno-di-fenol ou Bisfenol A

O Bisfenol A, um dos três compostos identificados no lixiviado do aterro sanitário de Puxinanã-PB é considerado um importante indicador de poluição para águas subterrâneas devido a sua frequente presença em lixiviados de aterro sanitário, este composto já foi identificado em alguns lixiviados de aterros brasileiros localizados em Gravataí-RS (Nascimento Filho *et al.* 2001), Maringá-PR (Rigobello *et al.* 2015) e Sabará-MG (REIS 2014).

CONCLUSÕES

- O Processo Oxidativo Avançado Fenton removeu 87% da DQO, 89% da cor verdadeira, 89% do COD e remoção superior a 70% de DBO. E aumentou a relação DBO₅/DQO para 0,77;
- Foram identificados 3 compostos classificados com desreguladores endócrinos no lixiviado bruto.
- Após a utilização do processo Fenton, apenas um composto foi degradado, o di-isooctil ftalato, os demais permaneceram no lixiviado tratado e foi gerado ainda outro desregulador endócrino, o naftaleno.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ANFRUNS, A.; GABARRÓ, J.; GONZALEZ-OLMOS, R.; PUIG, S.; BALAGUER, M. D.; COLPRIM, J. Coupling anammox and advanced oxidation-based technologies for mature landfill leachate treatment. *Journal of Hazardous Materials*. v. 258-259, p. 27-34, 2013.
2. APHA, AWWA, WEF. *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater*. 22th ed. Washington, D.C. 2012.
3. BILA, D. M.; E MÁRCIA DEZOTTI, M. Desreguladores endócrinos no meio ambiente: efeitos e consequências. *Química Nova*. v. 30, n.3, p.651-666, 2007.
4. BOKARE, A. D.; CHOI, W. Review of iron-free Fenton-like systems for activating H₂O₂ in advanced oxidation processes. *Journal of Hazardous Materials*. v. 275, p.121-135, 2014.
5. CHRISTENSEN, T. H.;KJELDSSEN, P.;BJERG, P. L.; JENSEN, D. L.; CHRISTENSEN, J. B.; BAUN, A.; ALBRECHTSEN, H. J.; HERON, G. Biogeochemistry of landfill leachate plumes. *Applied Geochemistry*. v.16, p. 659-718, 2001.
6. CHRISTENSEN, T. H.;KJELDSSEN, P.;BJERG, P. L.; JENSEN, D. L.; CHRISTENSEN, J. B.; BAUN, A.; ALBRECHTSEN, H. J.; HERON, G. Biogeochemistry of landfill leachate plumes. *Applied Geochemistry*. v.16, p. 659-718, 2001
7. KULIKOWSKA, D.; KLIMIUK, E. The effect of landfill age on municipal leachate composition. *Bioresour Technology*. v. 99, p. 5981–5985, 2008.
8. KUMARATHILAKA, P.; JAYAWARDHANA, Y.; BASNAYAKE, B. F. A.; MOWJOOD, M. I. M.;NAGAMORI, M.; SAITO, T.; KAWAMOTO, K.; VITHANAGE, M. Characterizing volatile organic compounds in leachate from Gohagoda municipal solid waste dumpsite, Sri Lanka. *Groundwater for Sustainable Development*. v. 2, n.3, p. 1-6, 2016.
9. MEEROFF, D. E.; BLOETSCHER, F.; REDDY, D.V.; GASNIER, F.; SWAPNIL J.; MCBARNETTE, A.; HAMAGUCHI, H.: Application of photochemical technologies for treatment of landfill leachate. *Journal of Hazardous Materials*. v. 21, p. 299-307, 2012.
10. MONJE-RAMIREZ, I. e VELASQUEZ, M. T. O. V. Removal and transformation of recalcitrant organic matter from stabilized saline landfill leachates by coagulation–ozonation coupling processes. *Water Research*. v. 38, p. 2359–2367. 2004.
11. MORAVIA, W. G.; LANGE, L. C.; AMARAL, M. C. S. Avaliação do Processo Oxidativo Avançado pelo reagente Fenton em condições otimizadas no tratamento de lixiviado de aterro sanitário com ênfase em parâmetros coletivos e caracterização do lodo gerado. *Química Nova*. v. 34, n. 8, p. 1370-1377, 2011.
12. NASCIMENTO FILHO, I.; MUHLEN, C. V.; CARAMÃO, E. B. Estudo de compostos orgânicos em lixiviados de aterros sanitários por EFS e CG/EM. *Química Nova*. v. 24, n. 4, p.554-556, 2001.
13. POERSCHMANN, J.; TROMMLER, U.; GÓRECKI, T. Aromatic intermediate formation during oxidative degradation of Bisphenol A by homogeneous sub-stoichiometric Fenton reaction. *Chemosphere*. v. 79, p. 975–986, 2010.
14. REIS, B. G. Avaliação da eficiência de processos avançados na remoção de toxicidade de lixiviado de aterro sanitário. Dissertação de mestrado saneamento meio ambiente e recursos hídricos da UFMG. 152 F. 2014.

15. RIGOBELLO, E. S.; SCANDELA, A. P. J.; CORSO, B. L.; TAVARES, C. R. G. Identificação de compostos orgânicos em lixiviados de aterro sanitário municipal por cromatografia gasosa acoplada a espectrometria de massas. *Química Nova*. v. 35, n 6, p. 794-800, 2015.
16. RIGOBELLO, E. S.; SCANDELA, A. P. J.; CORSO, B. L.; TAVARES, C. R. G. Identificação de compostos orgânicos em lixiviados de aterro sanitário municipal por cromatografia gasosa acoplada a espectrometria de massas. *Química Nova*. v. 35, n 6, p. 794-800, 2015.
17. SANG, Y. M.; GU, Q. B.; LI, F. S. Color and arganic compounds removal from secondary effluente os landfill leachate with a novel inorganic polymer coagulant. *Water Science Technology*. v.57, n. 7, p. 1423-1432, 2008.
18. SANNA K.MARTTINEN, S. K.; KETTUNEN, R. K.; RINTAL, J. A. Occurrence and removal of organic pollutants in sewages and landfill leachates. *The Science of the Total Environment*. v, 301. p, 1–12. 2003
19. SILVA, E. J. Otimização de parâmetros operacionais para tratamento de lixiviado utilizando processo FENTON, 2014. 120 f. Dissertação (Mestrado). Universidade Estadual da Paraíba, (2014).
20. SPAGNI, A.; MARSILI-LIBELLI, S. Nitrogen removal via nitrite in a sequencing batch reactor treating sanitary landfill leachate. *Bioresour Technology*. v. 99, p. 609-614, 2008.
21. STRELAU, J. R. M.; CASTILHO JR, A. B.; MADUREIRA, L. A. Extração de compostos orgânicos em lixiviados de aterros sanitários e determinação por cromatografia a gás acoplada ao espectrômetro de massas. **Revista de Ciência e Tecnologia**. v. 16, n. 32, p. 19-30, 2009
22. XIE, B.; LV, B. Y.; HUA, C.; LIANG, S. B.; TANG, Y.; LU, J. Landfill leachate pollutant removal performance of a novel bio filter packed with mixture medium. **Bioresource Technology**. v. 101, p. 7754-7760, 2010
23. ZHANG, H.; WU, X.; XIANWANG LI X. Oxidation and coagulation removal of COD from landfill leachate by Fered–Fenton process. **Chemical Engineering Journal**. v. 210, p. 88–194, 2012.