

II-159 - CARACTERIZAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA E AVALIAÇÃO DA TOXICIDADE (*DAPHNIA MAGNA* E *DAPHNIA SIMILIS*) EM RESÍDUOS DE ESGOTAMENTO DE CAMINHÃO LIMPA FOSSA: LODO DE FOSSA SÉPTICA

Geísa Vieira Vasconcelos⁽¹⁾

Tecnóloga em Processos Químicos pelo Instituto Federal de Educação e Tecnologia (IFCE). Mestre em Engenharia Civil na área de Saneamento Ambiental pela Universidade Federal do Ceará (UFC). Doutoranda em Engenharia Civil na área de Saneamento Ambiental pela Universidade Federal do Ceará (UFC).

Bárbara Brant Batista⁽²⁾

Graduanda em Química pela Universidade Federal do Ceará. Bolsista de iniciação científica

Clarise Souza Albuquerque⁽³⁾

Graduanda em Engenharia de Energias e Meio Ambiente, Universidade Federal do Ceará. Bolsista de iniciação científica.

Ronaldo Stefanutti⁽⁴⁾

Professor adjunto/Departamento de Engenharia Hidráulica e Ambiental da Universidade Federal do Ceará (UFC). Graduado em Engenharia Agrônômica pela Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho (UNESP), mestrado em Ciências pelo Centro de Energia Nuclear na Agricultura (USP) e doutorado em Ciências pelo Centro de Energia Nuclear na Agricultura.

Ana Bárbara de Araújo Nunes⁽⁵⁾

Professor adjunto/Departamento de Engenharia Hidráulica e Ambiental da Universidade Federal do Ceará (UFC). Graduado em Engenharia Sanitária pela Universidade Federal do Pará, Mestrado em Engenharia Civil pela Universidade Federal da Paraíba e doutorado em Engenharia Civil pela UFC.

Endereço⁽¹⁾: Rua Anjo Branco nº 1131 apt 1303 Harmonia - Cambeba Fortaleza CE – CEP : 60822 - 165 Brasil - Tel: (85) 96104945 – e-mail: geisavieira@hotmail.com

RESUMO

O uso agrícola do lodo de esgoto é uma alternativa que apresenta vantagens ambientais quando comparada a outras práticas de destinação final e a sua aplicação no solo pode trazer benefícios à agricultura. O presente estudo teve como objetivo caracterizar o lodo de fossa séptica de acordo com os parâmetros físico-químico e avaliar a toxicidade aguda de resíduos de caminhões limpa-fossa (lodo séptico), de diferentes residências através da utilização de bioensaios, com os microcrustáceos (*Daphnia magna* e *Daphnia similis*). Primeiramente foi feita a caracterização físico-química dos resíduos esgotados dos caminhões limpa-fossa e posteriormente foram realizados testes de toxicidade. As coletas foram realizadas quinzenalmente na ETE São Cristóvão/CAGECE, em Fortaleza-CE, onde as amostras foram levadas ao laboratório para realizar as análises de pH, temperatura, alcalinidade, condutividade elétrica, série de sólidos, DBO, DQO, série de nitrogênio, fósforo. Observou-se que estes resíduos apresentaram concentrações bem mais elevadas que as de esgoto doméstico e também com características bastante variáveis. Todas as amostras esgotadas de caminhões limpa-fossa apresentaram toxicidade aguda para os microorganismos *Daphnia magna* e *Daphnia similis* com média de CE50 igual a 54,0% e 41,2% respectivamente, sendo todos considerados tóxicos. Com relação à sensibilidade a *Daphnia similis* foi o organismo que apresentou maior sensibilidade para resíduos sépticos, pois quanto menor o CE50 mais tóxica é a amostra. Pelos resultados obtidos, os resíduos de caminhões limpa-fossa apresentaram toxicidade e não poderiam ser utilizados na agricultura sem um prévio tratamento para a remoção da toxicidade.

PALAVRAS-CHAVE: Caracterização físico-química, Ensaios ecotoxicológicos, Lodo de fossa séptica, Microorganismos aquáticos.

INTRODUÇÃO

À medida que a humanidade aumenta sua capacidade tecnológica de intervir na natureza, para satisfazer suas necessidades e desejos crescentes, surgem conflitos quanto ao uso do espaço, dos recursos e da disposição dos resíduos ao meio ambiente. Os sinais da poluição tornam-se mais evidentes com o aumento populacional, tendo como uma das conseqüências doenças de veiculação hídricas associadas à falta de saneamento básico.

A ausência, total ou parcial de serviços públicos de esgotos sanitários nas áreas urbanas e rurais exige a implantação de algum meio de disposição dos esgotos locais, com principal objetivo de evitar a contaminação do solo e da água. O tratamento de esgoto é importante não só para o reaproveitamento da água, mas também pela redução de sua ação como forte agente poluente de rios, lagos e mares. Na saúde pública evita doenças como hepatite, cólera e leptospirose contribuindo assim para a saúde dos cearenses e a preservação do meio ambiente.

A composição do esgoto varia em função do local de origem, da época do ano entre outros fatores. É geralmente composto de 99,99% de água e 0,01% de sólidos onde 70% são orgânicos (proteínas, carboidratos e lipídeos) e 30% inorgânicos como areia, sais e metais (MELO; MARQUES, 2000). Uma maneira simples e barata para a disposição do esgoto principalmente em áreas suburbanas e rurais onde a rede coletora não abrange os serviços públicos de esgotos sanitários é o sistema de fossa séptica onde é feito o tratamento primário de esgoto. Uma alternativa interessante seria dispor esses resíduos de caminhão limpa-fossa no solo para uso agrícola, entretanto, o material necessitaria de estudos preliminares de caracterização físico-química, microbiológica e ecotoxicológicos.

A Ecotoxicologia é uma ciência relativamente nova comparada com as outras ciências e surgiu através da necessidade de estudos ambientais com ênfase nas respostas dos organismos em conjunto com as análises químicas. Ecotoxicologia é uma ciência que estuda os contaminantes e seus efeitos nos constituintes da biosfera, avaliando a capacidade de substâncias químicas (isoladas ou em combinação) e amostras ambientais de causar efeitos deletérios aos organismos expostos (PEREIRA *et al.*, 2004).

É uma ciência multidisciplinar que engloba várias áreas de estudo, tais como biologia, química (orgânica, analítica e bioquímica), anatomia, genética, fisiologia, microbiologia, ecologia, ciências dos solos, das águas e atmosféricas, epidemiologia, estatística e direito (RUBINGER, 2009).

Os ensaios de toxicidade são testes laboratoriais realizados sob condições experimentais específicas e controlados, que estimam a toxicidade de substâncias, efluentes industriais e amostras ambientais podendo ser tanto em águas ou em sedimentos (COSTA *et al.*, 2008). Baseiam-se em avaliações das concentrações de um agente químico, e na duração de exposição requerida para a produção de um determinado efeito, com objetivo de detectar e avaliar o potencial de efeito de agentes químicos para organismos aquáticos.

Os ensaios ecotoxicológicos utilizam organismos representativos de ambientes de água doce, estuarina ou marinha. O conhecimento da toxicidade desses agentes a diferentes organismos aquáticos possibilita avaliar o impacto instantâneo que esses poluentes causam a determinadas substâncias. Geralmente nesses estudos são utilizados testes simples, como por exemplo, testes de curto prazo para avaliação dos efeitos agudos. Conforme a necessidades do trabalho podem ser também realizados testes mais complexos e sofisticados, como por exemplo, testes de longo prazo para avaliação dos efeitos crônicos (ZAGATTO; BERTOLETTI, 2008).

Os dafnídeos, espécies do gênero *Daphnia*, são uma importante fonte de organismos para testes de toxicidade aguda, por serem bastante sensíveis a poluentes, facilmente cultiváveis em laboratório e por apresentarem estabilidade genética (são partenogenéticos), o que proporciona a obtenção de lotes bem uniformes de organismos. Nos estudos ecotoxicológicos o principal instrumento é o teste de toxicidade que pode fornecer uma medida de todo o impacto tóxico de uma substância, composto ou efluente.

MATERIAIS E MÉTODOS

A metodologia pra essa pesquisa foi dividida em duas fases. A primeira fase foi realizada a caracterização físico-química do lodo de fossa séptica, onde as amostras de lodo de fossa séptica utilizada na pesquisa foram coletadas na ETE/São Cristóvão - Fortaleza na saída do cano de descarga dos caminhões limpa-fossa.

A coleta das amostras foi realizada por meio de amostragem simples e foi armazenada em frascos de polietileno de 5 litros. As análises físico-químicas foram realizadas no Laboratório de Saneamento (LABOSAN) da Universidade Federal do Ceará e foi realizada de acordo com o Standard Methods for the Examination of Water and Wasterwater 21th (2005).

A segunda fase foi a realização dos ensaios de ecotoxicidade com dois organismos diferentes: os microcrustáceos *Daphnia similis* e *Daphnia magna* de acordo com a NBR 12713:2009. Os microcrustáceos foram cultivados no LABOSAN, segundo metodologia descrita na NBR 12.713 (ABNT, 2009). Foram feitos ensaios de toxicidade aguda, para cada espécie após as coletas dos resíduos dos caminhões limpa fossa.

Segundo Costa *et al.* (2008) basicamente a *Daphnia magna* e *Daphnia similis* são diferenciadas pelo tamanho e essa característica pode influenciar na toxicidade das substâncias, mas estudos realizados por Beatrice *et al.* (2006) comparando a sensibilidade e dietas destas espécies mostram que ambas apresentam sensibilidade semelhante, sendo a *Daphnia similis* mais sensível para algumas substâncias como o dicromato de potássio e efluentes.

Para a realização do ensaio de toxicidade foram coletados em frascos de polipropileno cerca de 500 mL de resíduos de fossa séptica. O ensaio de toxicidade aguda permite determinar a concentração efetiva das amostras que causa imobilidade a 50% dos organismos jovens (CE50) expostos por um período de 48 horas.

Os resultados foram obtidos através do cálculo de imobilidade de indivíduos por concentração que foi expresso em CE50 48h (Concentração Efetiva), por meio do programa *Trimmed Sperman-Karber*, o que corresponde à concentração da amostra que causa efeito agudo (imobilidade/morte) em 50% dos organismos testados expostos 48 horas na solução-teste. A preparação do teste agudo foi realizada partindo da menor concentração de amostra (maior fator de diluição) para a maior concentração de amostra (menor fator de diluição), sendo iniciada pela preparação do controle.

Primeiramente, foi realizado um teste preliminar que consiste em estabelecer um intervalo de concentrações dos efluentes, na qual se determina a menor concentração que causa imobilidade a 100% dos organismos, e a concentração mais elevada na qual não se observa a imobilidade dos mesmos.

Foi realizado um ensaio com cinco diluições da amostra e um controle (água de diluição) conforme mostra a Figura 1 com os percentuais de amostras que varia de 6,2% á 100% de amostra, para estabelecer um intervalo de concentração a ser utilizado no ensaio definitivo.

O ensaio preliminar ocorreu nas mesmas condições do ensaio definitivo na qual foi determinada a menor concentração que causa imobilidade e a maior na qual não se observa imobilidade. Os organismos foram transferidos para as soluções de forma aleatória, tendo o cuidado de liberar os organismos, próximo à superfície para evitar a entrada de ar na carapaça deles fazendo com que os mesmo flutuem.

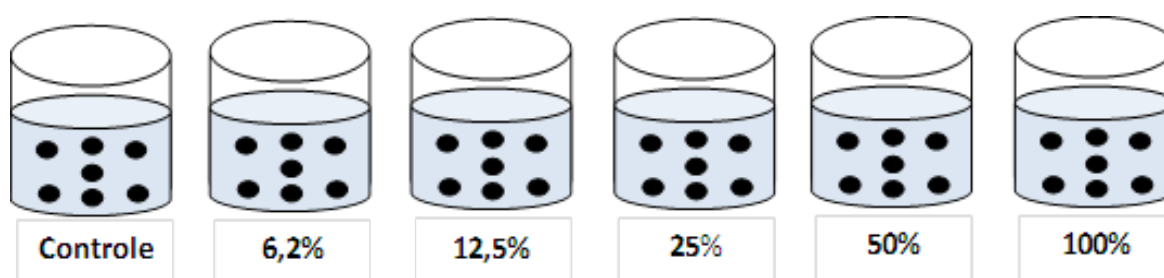


Figura 1: Teste preliminar de toxicidade aguda com as *Daphnias*.

Após a finalização do teste preliminar observou-se o número de indivíduos que estavam imóveis / mortos em cada diluição. A partir destes resultados foi realizado o cálculo de imobilidade de indivíduos por concentração que foi expresso em CE50 48h (Concentração Efetiva), por meio do programa *Trimmed Sperman-Karber*, o que corresponde à concentração da amostra que causa efeito agudo (imobilidade/morte) em 50% dos organismos testados expostos 48 horas na solução-teste.

Após tomar conhecimento das concentrações no teste preliminar, preparam-se diluições das concentrações da amostra para o teste definitivo.

A preparação do teste agudo foi realizada partindo da menor concentração de amostra (maior fator de diluição) para a maior concentração de amostra (menor fator de diluição), sendo iniciada pela preparação do controle. Os ensaios preliminares e definitivos foram realizados em câmara de germinação com temperatura entre 18°C e 22°C por 48h, escuro e sem alimentação conforme a Figura 2.

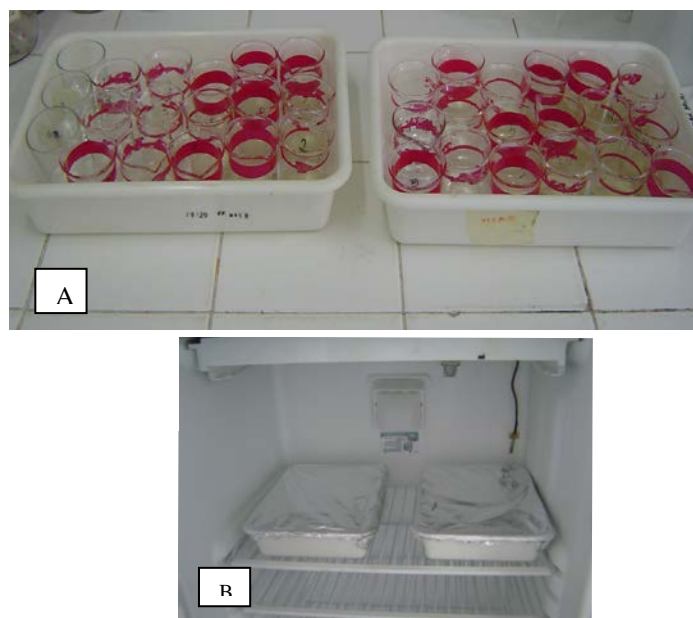


Figura 2: Teste de toxicidade aguda com *Daphnias*. A: Preparação do teste de toxicidade aguda, B: Teste acondicionado na câmara de germinação.

RESULTADOS

Os resultados da primeira fase que foi a caracterização físico-química apresentaram grande variabilidade, com máximos e mínimos bastante discrepantes. Com relação à série de nitrogênio presente no lodo de fossa séptica a forma de nitrogênio orgânico esta presente em maiores quantidades com média de 58,4 mgN/L, o NTK com média de 107mgN/L, e a forma de nitrogênio amoniacal com média de 48,6 mgN/L como mostra a Tabela 1.

A presença de grandes quantidades de amônia é porque em meio anaeróbio ocorre à fase de amonificação no ciclo de nitrogênio, onde o nitrogênio orgânico é convertido em amônia. A amônia não sofre processo de nitrificação devido à ausência de oxigênio, por isso encontramos valores baixo de nitrito e nitrato (média de 0,84 mgN/L e média de 0,95 mgN/L).

Para a serie de sólidos á parcela volátil dos ST apresentou média igual a 5.136 mg/L e a fração fixa obteve resultados de concentrações com média igual a 2.506 mg/L. Com relação ao sólidos suspensos á parcela volátil dos SST, apresentou média igual a 3.193 mg/L e a fração fixa obteve resultados de concentrações com média igual a 1.482 mg/L.

As amostras de tanques e fossas sépticas apresentaram em sua maioria a fração volátil que corresponde a 67,2% e fixos que corresponde a 32,87% dos sólidos. Os sólidos suspensos também apresentaram em sua maioria a fração volátil que corresponde á 68,3% e fixos 31,7%. A relação de DQO/DBO foi de 10,2, sendo que em todos os resultados a DQO foi maior que a DBO (DQO>DBO).

Tabela 1. Resultados da caracterização do lodo de fossa séptica coletado na região da RMF.

Parâmetros físico-químicos	N	Média	DP	Valor Máximo	Valor Mínimo
pH	25	6,82	0,61	7,8	5,51
Temperatura (°C)	25	27,29	1,49	30	25
Oxigênio Dissolvido	25	0,7	0,80	2,2	0,4
DQO (mgO ₂ /L)	25	7.804	10.230	34.432	124
DBO (mg/L)	25	758	642	2.775	120
Sólidos Sedimentáveis (mL/L)	25	77	38,7	100	14
Sólidos Totais (mg/L)	25	7.643	9.555	41.400	1.200
Sólidos Totais Voláteis (mg/L)	25	5.136	6.390	27. 200	800
Sólidos Totais Fixos (mg/L)	25	2.506	3.291	14.500	280
Sólidos Suspensos Totais (mg/L)	25	4.675	6.762	28.000	500
Sólidos Suspensos Voláteis (mg/L)	25	3.193	5.217	21.000	400
Sólidos Suspensos Fixos (mg/L)	25	1.482	1.737	7.000	100
Fósforo (mgP/L)	25	8,9	14,4	54,7	0,56
Nitrito (mgN/L)	25	0,84	1,14	4,96	0,01
Nitrato (mgN/L)	25	0,95	0,86	2,89	0,01
Amônia (mgN/L)	25	48,60	25,93	114	11,8
NTK (mgN/L)	25	107	47,4	199	29,41
CE (µS/cm)	25	2.086	384	2848	1239
Alcalinidade (mg/L CaCO ₃)	25	608	348	1.524	77,54

Na segunda fase os ensaios de toxicidade aguda foram realizados em doze amostras de resíduos de fossa séptica para o microorganismo *Daphnia similis* e *Daphnia magna*. Os ensaios realizados com as amostras de fossa séptica apresentaram toxicidade para todas as amostras. Para o microorganismo *Daphnia similis* a média do CE50 foi de 41,2% classificada como tóxica.

Os ensaios de toxicidade com o microorganismo *Daphnia magna* também apresentaram toxicidade em todos os testes, com média de CE50 igual á 54,0%, sendo a *Daphnia similis* mais sensível aos resíduos de fossa séptica do que a *Daphnia magna*, pois quanto menor o valor do CE50 mais tóxica é a amostra como mostra a Tabela 2.

Tabela 2: Teste de toxicidade com os microrganismos com duração de 48h.

Teste de toxicidade aguda - 48h			
<i>Daphnia similis</i> CE50(%)	<i>Daphnia magna</i> CE50(%)	Classificação quanto ao CE50% (BULICH)	
		<i>Daphnia similis</i>	<i>Daphnia magna</i>
34,0	45,0	Tóxica	Tóxica
32,0	58,0	Tóxica	Moderadamente tóxica
58,0	37,0	Moderadamente Tóxica	Tóxica
57,0	69,0	Moderadamente Tóxica	Moderadamente tóxica
49,0	55,0	Tóxica	Moderadamente tóxica
37,0	49,0	Tóxica	Tóxica
26,0	44,0	Tóxica	Tóxica
52,0	89,0	Moderadamente Tóxica	Levemente Tóxica
21,0	26,0	Muito Tóxica	Tóxica
27,0	50,0	Tóxica	Tóxica
38,0	55,0	Tóxica	Moderadamente Tóxica
63,0	71,0	Moderadamente Tóxica	Moderadamente Tóxica
Média= 41,2 %	Média = 54,0 %	TÓXICA	TÓXICA

As substâncias potencialmente tóxicas podem ser degradadas por processos abióticos e bióticos que ocorrem na natureza. No entanto, algumas delas resistem aos processos de degradação e por isso são capazes de persistirem no ambiente por longos períodos de tempo. O descarte contínuo no ambiente de uma substância persistente pode levar à sua acumulação em níveis ambientais suficientes para resultar em toxicidade (COSTA, 2008).

A Figura 4 apresenta os resultados de CE50% para *Daphnia magna* e *Daphnia similis*.

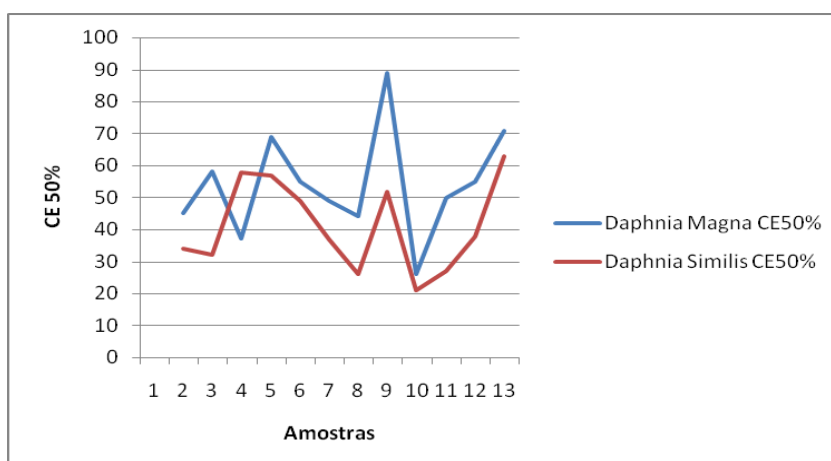


Figura 3: Resultados de CE50% para *Daphnia magna* e *Daphnia similis*.

CONCLUSÕES

Com base no trabalho realizado conclui-se que:

Os resultados da primeira fase demonstraram que os resíduos esgotados de caminhões limpa-fossa da Região Metropolitana de Fortaleza apresentaram alta variabilidade. Observou-se uma predominância do nitrogênio orgânico (NO) sobre o nitrogênio amoniacal (N-AMON). Com relação à série de sólidos, a fração volátil predominou sobre a fixa e a DQO foi maior que a DBO.

Ao observar os resultados obtidos na segunda fase com os ensaios ecotoxicológicos empregados neste estudo, é possível afirmar que tanto a *Daphnia similis* como a *Daphnia magna* demonstraram sensibilidade às amostras testadas e, portanto, a toxicidade foi confirmada.

O organismo *Daphnia similis* foi o que apresentou maior sensibilidade que os outros, e alguns estudos como de Beatrici (2006) relatam que esse organismo apresenta grande diferença de sensibilidade quando comparada com a *Daphnia magna*.

A amônia apresenta-se tóxica praticamente na forma ionizada quando a faixa de pH está próxima a neutralidade (< 8), provocando a mortes de peixes e outros organismo aquáticos. Deste modo, o uso de ensaios ecotoxicológicos como ferramenta para avaliar a toxicidade de amostras de resíduos sépticos se mostrou uma ferramenta importante para avaliar o uso desse lodo na agricultura, uma vez que estudos como este ainda são escassos. Além disso, as respostas obtidas por meio de ensaios ecotoxicológicos são muito valiosas.

O lodo de fossa séptica não poderia ser utilizado como fertilizante orgânico na agricultura sem antes passar por um tratamento adequado para a remoção da toxicidade.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. ABNT NBR 12713:2009. Ecotoxicologia Aquática – Toxicidade aguda – Método de ensaio com *Daphnia spp.* – 23 p.
2. BEATRICI, A.C.; ARENZON, A.; COIMBRA, N.J.; RAYA-RODRIGUEZ, M.T. Fertilidade e sensibilidade de *Daphnia similis* e *Daphnia magna* submetidas a diferentes cultivos. Journal of the Brazilian Society of Ecotoxicology, v. 1, n. 2, 123-126, 2006.
3. BULICH, A.A. A practical and reliable method for monitoring the toxicity of aquatic. Process Biochemistry, p. 45-47.
4. COSTA, C.R.; OLIVI, P.; BOTTA, C.M.R.; ESPINDOLA, E.L.G. A toxicidade em ambientes aquáticos: discussão e métodos de avaliação. Química Nova, v. 31, n.7, p. 1820-1830, 2008.
5. LEITE, B.Z.; INGUNZA, M.P.D.; ANDREOLI, C.V. Lodo de decanto-digestores. In: ANDREOLI, C.V. Alternativas de uso de resíduos do saneamento. Rio de Janeiro: ABES 2006
6. MELO, W.J.; MARQUES, M.O. Potencial do lodo de esgoto como fonte de nutrientes para as plantas. In: BETTIOL, W. CAMARGO, O.A. Impacto ambiental do uso agrícola do lodo de esgoto. Jaguariuna: Embrapa Meio Ambiente, 2000. P. 109-141.
7. PEREIRA, C. D. S.; ROTUNDO, M. M.; FURQUIM, L. G.; IANNUZZI, A.; FERRAZ, N. L.; SANTOS, A. R. **Avaliação da toxicidade de águas superficiais e de fundo de uma área próxima à desembocadura do estuário de Santos.** In: Anais do IV Congresso Brasileiro de Pesquisas Ambientais e Saúde. 2004, Santos, SP.
8. RUBINGER, C. F. Seleção de métodos biológicos para avaliação toxicológica de efluentes industriais. 2009. 90 f. Dissertação (Mestrado em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos) – Escola de Engenharia, Universidade Federal de Minas Gerais, Minas Gerais. 2009.
9. ZAGATTO, P.A.; BERTOLETTI, E. Ecotoxicologia Aquática - Princípios e Aplicações. Ed. Rima. São Carlos, 2008, p. 135- 147, 2008.