

ESTUDO DE CONCENTRAÇÃO E INTERAÇÕES FÍSICO-QUÍMICAS DE CARBONO ORGÂNICO TOTAL NO SEDIMENTO DE FUNDO DO RESERVATÓRIO MÃE D'ÁGUA

Felippe Fernandes¹; Fernanda da Silva Bicoski²; Cristiano Poletto³

ABSTRACT – Mãe Água dam was built in 1962 to meet the demand of the Hydraulic Research Institute - IPH of the Federal University of Rio Grande do Sul - UFRGS, but with the occupation of the upstream area, without urban planning, many contaminants were incorporated sediments, causing several environmental liabilities. The integrated management of water resources requires a series of instruments and actors involved as well as an efficient base of hydrological, sedimentometric, hydrogeological and water quality data, thus providing technical support in decision making. This work evaluated Total Organic Carbon's concentration in different layers, of the eight cores collected in the accessible areas of the dam, studying the correlation with the evolutionary process of degradation, caused by anthropogenic processes. For the study of geochronology (^{210}Pb), multiple linear regressions of data from laboratory analyzes obtained in three cores. The results showed that the highest concentrations are closer to the water and sediment interface, this fact may be linked to the intensification of urbanization in the watershed and the anthropic actions adhering to the process, in addition to the high load of untreated effluents in the area. It's concluded that corrective mitigation measures should be done, since urbanization has directly affected the use of the reservoir and, primarily, the local ecosystem.

Palavras-Chave – Carbono Orgânico Total, Represa Mãe d'Água, Sedimento de fundo.

1) Dept. of Hydraulic Research, Federal University of Rio Grande do Sul, Bento Gonçalves Avenue, 9500. Porto Alegre, Brazil, fernandes_felippe@hotmail.com.

2) Dept. of Hydraulic Research, Federal University of Rio Grande do Sul, Bento Gonçalves Avenue, 9500. Porto Alegre, Brazil, fbicoski@gmail.com

3) Dept. of Hydraulic Research, Federal University of Rio Grande do Sul, Bento Gonçalves Avenue, 9500. Porto Alegre, Brazil, cristiano.poletto@ufrgs.br.

1 - INTRODUÇÃO

O crescimento urbano às margens ou nos arredores dos ecossistemas aquáticos ocasiona, segundo [Fernandes e Poletto (2017)], a degradação da qualidade dos recursos hídricos, provocando danos significativos às comunidades aquáticas e riscos à saúde pública. O uso e ocupação do solo, de forma não planejada, nestas regiões, aliado à urbanização acelerada são duas das principais causas de deterioração dos recursos naturais, gerando perdas não só pelas alterações hidrológicas, mas também pela carga de poluentes transportados, cujo acúmulo final ocorre, em grande parte, nos sedimentos.

A análise das substâncias que constituem os sedimentos são uma importante ferramenta para a indicação da origem e dos níveis de poluição dos sistemas aquáticos. Os estudos de poluentes associados a partículas, em áreas urbanas, tornaram-se necessários devido a seus efeitos potencialmente deletérios ao meio ambiente. No entanto, não são apenas os próprios sedimentos que são problemáticos, mas também sua composição granulométrica, que tem grande influência na capacidade de adsorver e transportar contaminantes [Poletto *et. al* (2009)].

Os compostos poluentes podem atingir diretamente os cursos de água ou podem ser carregados até os mananciais juntamente com os sedimentos erodidos. É através do escoamento contínuo das águas que os contaminantes atingem até mesmo pontos mais longínquos de onde foram gerados [Santos *et al.* (2006)]. Os sedimentos são constituídos por partículas minerais e matéria orgânica que podem ser de origem natural ou derivados de atividades antropogênicas industriais e urbanas. O carbono orgânico total, embora presente nos sistemas aquáticos naturais, pode atuar como uma fonte de poluição, por sua capacidade de adsorção e dessorção de contaminantes, de acordo com as condições físico-químicas do meio [Fernandes *et al.* (2016)].

O estudo de contaminantes através de colunas sedimentares fornece a memória dos elementos acumulados advindos de atividades antrópicas, ou não, que foram desenvolvidas na Bacia Hidrográfica ao longo dos últimos anos (Müller *et al.*, 1977). Devido as suas características, os sedimentos de ecossistemas lacustres funcionam como um banco de dados, apresentando importância significativa em estudos de avaliação ambiental. Dessa forma, os perfis devem ser coletados na forma de perfis verticais (*Core*) e a amostragem deve preservar as camadas sedimentares [Esteves (1998)]. Tais ecossistemas propiciam condições ideais para determinação da cronologia da coluna sedimentar através de técnicas como a do ^{210}Pb , pois são ambientes com pouca perturbação, onde predominam sedimentos de fina granulometria [Fernandes e Poletto (2017)].

Nesse contexto, o presente trabalho investigou o enriquecimento histórico de Carbono Orgânico Total em oito perfis de sedimentos de fundo do reservatório Mãe d'Água, inferindo sobre

o tempo de deposição deste sedimento através de análise geocronológica por ^{210}Pb e associação dos metais níquel e zinco à matéria orgânica.

2 - MATERIAL E MÉTODOS

2.1 - Escolha e local da amostragem dos Cores de sedimentos

O local estudado localiza-se na cidade de Viamão, região metropolitana da cidade de Porto Alegre, no estado do Rio Grande do Sul. A represa Mãe d'Água é um afluente do Arroio Dilúvio, importante curso de água que segue para a cidade de Porto Alegre, cortando o sentido leste. A represa localiza-se na foz de 4 córregos, correspondendo a uma área de 353 hectares, estando inserida no território onde encontra-se o Campus do Vale da Universidade Federal do Rio Grande do Sul. A Figura 1 mostra a área de estudo, caracterizando a localização e a dimensão do reservatório [Fernandes e Poletto (2017)].

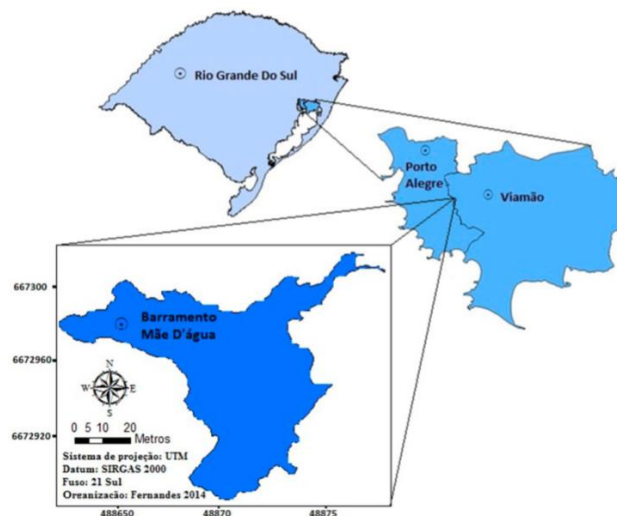


Figura 1 - Represa Mãe d'Água Localização e representação do reservatório em estudo na região metropolitana de Porto Alegre – RS (fonte: Fernandes e Poletto, 2017).

2.2 - Amostragem de perfis sedimentares

Os pontos de coleta dos perfis foram pré-planejados, buscando a melhor distribuição espacial no lago, respeitando a hidrodinâmica do local e visando a viabilidade econômica para a execução do estudo. Um total de oito perfis foram amostrados, conforme demonstra a Figura 2.

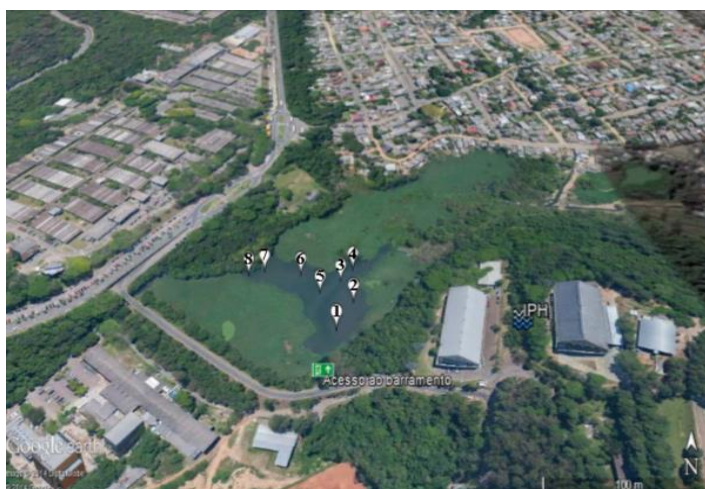


Figura 2 - Distribuição espacial dos perfis de sedimentos amostrados na represa Mãe d'Água (fonte: Fernandes e Poletto, 2018).

Os perfis de sedimentos foram amostrados e seus dados foram tabulados, assim como as coordenadas geográficas dos pontos, a altura da água e o comprimento do perfil sedimentar, conforme apresentado na Tabela 1 [Fernandes e Poletto (2018)].

Tabela 1 – Dados dos perfis coletados (fonte: Fernandes e Poletto, 2018)

Amostra (perfil)	Coordenadas UTM (m) (Elipsóide WGS-84)		Lâmina d'água (m)	Comprimento do perfil (m)
	X	Y		
T- 1	488716,3334	6672913	1,44	0,62
T- 2	488730,7589	6672943	0,40	1,66
T- 3	488718,1500	6672969	1,24	0,82
T- 4	488729,6452	6672985	1,48	0,58
T- 5	488700,2279	6672955	0,72	1,34
T- 6	488681,4642	6672978	0,44	1,62
T- 7	488647,9962	6672982	0,48	1,58
T- 8	488633,5455	6672976	1,00	1,06

A técnica empregada para a coleta dos sedimentos foi o amostrador de núcleo (*Core Sampling*), preconizado por [Fernandes e Poletto (2018)], compreendendo um conjunto de peças destacáveis, consistindo na introdução de um tubo cilíndrico de cloreto de polivinil (PVC) com 75 mm de diâmetro, (estabelecido de acordo com o volume de amostras). Quando o tubo é inserido no leito do corpo d'água inicia-se uma série de impactos no tubo, produzindo perfuração e coleta de sedimentos através de uma força manual que se repetiu, até que uma barreira suficientemente sólida impedisse a continuidade da penetração, com o objetivo da conformidade da amostra. A extremidade do tubo, que teve contato com o sedimento, possui borda cortante de aço inox,

servindo para entrada no sedimento, e um retentor para permitir a entrada da amostra e impedir sua saída. No momento da coleta, utilizou-se um barco, que proporcionou segurança ao desenvolvimento da atividade, garantindo a estabilidade necessária da tripulação e a retirada dos núcleos de sedimentos [Fernandes e Poletto (2017)].

2.3 - Teor de Carbono Orgânico Total

O teor de Carbono Orgânico total presente nas amostras de sedimentos foi realizado no Laboratório de Zootecnia do Departamento de solos da UFRGS. Foi utilizado no processo de determinação do Carbono Orgânico total (C.O.T.) contido nas amostras, o analisador elementar Thermo Scientific Flash 2000- NC Soil Analyzer, que necessita de apenas alguns miligramas de amostra para análise. Este equipamento, baseia-se no processo bem conhecido de flash dinâmico de combustão, o que produz uma combustão completa da amostra a 1800 °C, seguida por uma determinação exata e precisa dos gases elementares produzidos. O equipamento Thermo Scientific Flash NC, proporciona um ciclo de análise rápida para a determinação dos resultados, analisando 31 amostras por ciclo [Fernandes e Poletto (2017)].

2.4 - Análise cronológica por ^{210}Pb

Segundo [Fernandes e Poletto (2016)], que realizaram a análise química dos perfis de sedimento, para a abertura e digestão das amostras de sedimentos foi utilizado o método de digestão total EPA-3052, também empregado na metodologia e procedimento usual do IPEN – USP e preconizado por [Mora (2015)], baseado na separação radioquímica sequencial do ^{226}Ra e ^{228}Ra por co-precipitação com sulfato de bário e rádio e do ^{210}Pb por co-precipitação com cromato de chumbo, seguida das contagens alfa e beta total. A técnica selecionada é adequada para medidas ambientais em que as concentrações da atividade do ^{210}Pb sejam muito baixas e quando existem alíquotas muito pequenas da massa de sedimento disponível para o ensaio e, por fim, a determinação da idade do sedimento ocorreu empregando o método C.R.S. Constant Rate of Supply [Fernandes e Poletto (2016)].

3 - RESULTADO E DISCUSSÕES

3.1 - Resultados de Carbono Orgânico Total

A Tabela 2 demonstra os resultados do teor de Carbono Orgânico Total, por camada sedimentar dos oito perfis coletados. É importante salientar que a determinação dos teores de COT são de extrema importância para se compreender os processos de adsorção de metais no

sedimento, visto que a matéria orgânica é um dos principais sítios de ligação deles em corpos d'água.

Os resultados permitiram avaliar as variações das concentrações de C.O.T. presentes nas amostras dos sedimentos de fundo obtidas no reservatório. Nota-se que as maiores concentrações estão mais próximas à interface água e sedimentos, tal fato pode estar atrelado a alta carga de efluentes não tratados dos quais são lançados no reservatório. [Fernandes (2018)] apresentou dados correlacionando as taxas do aumento da urbanização na bacia hidrográfica do reservatório Mãe d'Água com contaminantes carreados e sedimentos ao passar dos anos. O referido estudo concluiu que as camadas de sedimentos mais próximas à superfície apresentaram maiores concentrações de metais e COT e estão diretamente relacionadas ao aumento das ações antrópicas.

Cabe destacar que os estudos: geocronológico, obtenção das concentrações de C.O.T. e metais quando atrelados a estudos de uso e ocupação do solo permitem avaliar, com alto grau de certeza, os níveis e concentração decorrentes das ações antrópicas (decorrer do tempo) em uma determinada bacia hidrográfica em meio urbano.

Tabela 2- Resultado de Carbono Orgânico Total (%)

PROFUNDIDADE (m)	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8
0	4,69	2,54	0,95	1,82	0,41	4,12	4,05	6,01
0,08	3,82	2,99	0,34	2,82	2,42	2,77	3,35	5,91
0,16	4,17	2,68	1,11	4,18	2,74	2,88	3,53	5,15
0,24	2,65	3,9	0,28	3,93	2,36	3,87	3,25	5,65
0,32	2,45	2,7	2,24	3,74	3,29	2,66	2,99	3,48
0,4	2,01	1,98	6,12	3,34	2,45	2,55	2,69	3,08
0,48	2,01	1,76	3,13	2,63	4,74	3,22	2,67	4,89
0,56	1,29	2,06	3,07	3,01	2,37	2,29	2,06	2,37
0,64		1,65	2,75		2,19	1,85	1,88	2,81
0,72		2,21	1,83		2,36	2,24	1,64	4,34
0,8		1,29			2,38	1,87	1,69	2,22
0,88		1,36			1,9	2,33	1,64	1,7
0,96		1,25			2,58	1,42	1,65	2,32
1,04		1,53			1,5	1,73	1,48	1,81
1,12		1,26			1,41	1,72	1,64	
1,2		1,51			1,4	1,57	1,49	
1,28		0,14			1,39	1,31	1,37	
1,36		0,38				0,91	1,06	
1,44		1,09				0,54	1,23	
1,52		0,75					1,54	
1,6		0,35						

3.2 - Resultados de geocronologia por ^{210}Pb

Para uma melhor correlação entre os dados de carbono orgânico total dos quais foram obtidos em 8 perfis sedimentares (Tabela 3), nesse estudo optou-se por empregar dados oriundos dos estudos de [Fernandes e Poletto (2018)] onde analisaram, em laboratório, três dos perfis amostrados. Os referidos autores apontaram que os perfis T1, T6 e T8 dos sedimentos do Reservatório de Mãe d'Água apresentaram boa linearidade, constituindo um ambiente propício para o estudo cronológico, pois apresentaram valores de R^2 iguais a 0,92, 0,96 e 0,89 respectivamente.

Observada a boa correlação entre camadas sedimentares depositadas ao longo das décadas, referidas acima, e em função da profundidade dos perfis, as análises de geocronologia para os demais perfis, T2, T3, T4, T5 e T7 seguiram por regressão linear múltipla, com R^2 acima de 0,90, explicando mais de 90% da variação nos dados e $p < 0,05$, demonstrando resultados muito significativos e condizentes com a hidrodinâmica e realidade local. Estes resultados são apresentados na Tabela 3.

Pode-se notar que de acordo com a hidrodinâmica, distribuição dos perfis, profundidade e a sob análises comparativa dos estudos realizados por [Fernandes e Poletto (2018)] nota-se que os resultados estão satisfatórios e permitem a realização de análises comparativas entre os dados.

Tabela 3- Geocronologia do ano de formação das camadas sedimentares

PROFUNDIDADE (m)	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8
0	2014	2014	2014	2014	2014	2014	2014	2014
0,08	2003	2007	2010	2013	2006	2010	2005	2012
0,16	1998	2004	2007	2010	2003	2008	2002	2002
0,24	1997	2001	2004	2007	2000	2004	1999	2000
0,32	1996	1998	2001	2004	1997	2002	1996	1995
0,4	1994	1995	1998	2001	1994	1999	1993	1994
0,48	1988	1992	1995	1998	1991	1998	1990	1993
0,56	1982	1989	1992	1995	1988	1990	1987	1990
0,64		1989	1991		1988	1989	1988	1989
0,72		1987	1989		1986	1988	1986	1988
0,8		1985			1984	1987	1984	1987
0,88		1983			1982	1986	1982	1984
0,96		1981			1980	1985	1980	1984
1,04		1979			1978	1983	1978	1982
1,12		1978			1977	1983	1977	
1,2		1977			1976	1980	1975	
1,28		1975			1974	1974	1973	
1,36		1973				1973	1971	
1,44		1971				1972	1970	
1,52		1969					1968	
1,6		1968						

3.3 - Análise correlativa entre COT e geocronologia por ^{210}Pb

Na atualidade, a área da bacia hidrográfica do reservatório Mãe d'Água, objeto deste estudo, está predominantemente caracterizada por uma ocupação residencial estabelecida em toda sua extensão e perímetro.

De acordo com integração dos dados dispostos nas Tabelas 2 e 3, pode-se observar que há uma tendência de acúmulo mais acentuado de (C.O.T.) nas camadas dos perfis mais próximos à superfície, na interface sedimento – água, onde essas concentrações estão diretamente correlacionadas às deposições mais recentes e ao aumento da urbanização nos últimos anos. A Figura 3 a seguir apresenta, por exemplo, a distribuição dos teores de carbono orgânico total para o perfil T1 ao decorrer dos anos.

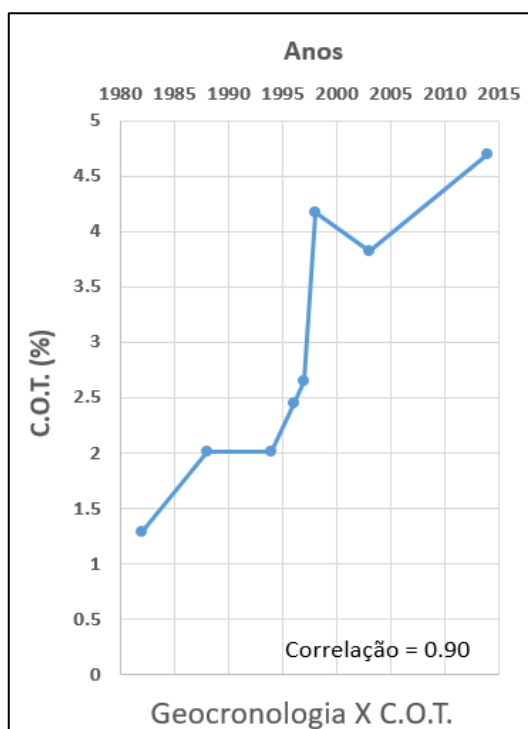


Figura 3 – Distribuição dos teores de carbono orgânico total ao longo dos anos para o perfil 1

O uso e ocupação do solo na bacia diante do cenário e condições apresentadas, propicia o aumento da geração dos passivos ambientais, como por exemplo, de poluentes orgânicos e inorgânicos, oriundos de fontes pontuais e/ou difusas.

Os resultados deste estudo podem ser correlacionados ao estudo de concentrações dos metais níquel e zinco realizado por [Fernandes e Poleto (2017)] nas mesmas amostras coletadas na represa Mãe d'Água, onde constatou-se que o enriquecimento dos sedimentos por metais está atrelado ao ano em que foram depositados. Este fato é observado principalmente nas camadas mais

recentes do perfil 1, situado a margem esquerda da represa, onde o enriquecimento por zinco e níquel ocorreu de forma crescente, justificado pela geocronologia que datou os sedimentos sendo do período 2000 a 2014 onde a urbanização ocorreu de maneira mais intensificada na bacia. De acordo com os mesmos autores todos os perfis de sedimentos amostrados mostraram uma correlação positiva entre os metais e o C.O.T. Os teores de matéria orgânica quando correlacionados às concentrações de Zn mostraram-se mais perceptivos e contínuos em relação ao Ni, evidenciando o enriquecimento crescente nos perfis analisados e confirmando a alta afinidade desse elemento para os compostos sedimentares da fração orgânica, abundantes na área devido principalmente à falta de tratamento de esgotos.

Destaca-se ainda que as variações dos teores de C.O.T. em sedimentos de fundo, para associação de Zn e Ni, podem ser alteradas de acordo com as condições físicas e químicas, além de um novo aporte de carga orgânica carregada e depositada, que influenciará os processos de adsorção e dessorção de metais através do carbono orgânico total.

4 - CONSIDERAÇÕES FINAIS

As etapas envolvidas neste estudo, bem como os resultados satisfatórios obtidos caracterizam a importância das pesquisas ambientais. Fica eminente a preocupação com a bacia hidrográfica do reservatório Mãe d'Água, onde a urbanização tem afetado diretamente o uso do reservatório e prioritariamente o ecossistema local.

As análises permitiram o cruzamento entre os dados analíticos de geocronologia por ^{210}Pb , regressão linear multiparâmetro e as concentrações carbono orgânico total para os oitos perfis amostrados em diferentes regiões do reservatório, possibilitando verificar que os passivos ambientais na área da bacia hidrográfica da barragem Mãe d'Água refletem o crescimento da urbanização, a redução das áreas naturais e, conseqüentemente, a maior produção de contaminantes e sedimentos carregados para o reservatório.

É importante observar que, apesar da bacia hidrográfica ser específica do local, tanto devido ao tipo de sedimentos gerados pelos solos locais, quanto em relação ao uso e ocupação do solo, os resultados são um bom indicativo do processo de liberação e acumulação de metais em bacias hidrográficas brasileiras em expansão, podendo, assim, serem extrapoladas para outras áreas com características similares e, portanto, gerar um bom indicativo do passivo ambiental potencial dessas áreas (relação entre as concentrações por camadas *versus* volumes dessas camadas).

BIBLIOGRAFIA

ESTEVES, F. A. (1998). *“Elementos Traço. In: Fundamentos de Limnologia”*. Interciência. Rio de Janeiro. p. 285 – 299.

FERNANDES, F. (2018). *“Histórico da Urbanização e enriquecimento por metais em núcleos de sedimentos: Geoquímica e Geocronologia por ²¹⁰Pb”*. Tese de doutorado. Programa de Pós Graduação em Ciências da Engenharia Ambiental. Universidade de São Paulo. São Carlos/SP.

FERNANDES, F.; BEIER, E. V.; POLETO, C. (2017). *“Geocronologia e taxa de sedimentação utilizando ²¹⁰Pb correlacionados com metais pesados em core’s de sedimentos”* in Anais do II Congresso Internacional de Hidrossedimentologia, Foz do Iguaçu/PR, 2017.

FERNANDES, F.; ISIDORO, J. M. G. P.; FIEBIG, M.; POLETO, C. (2016). *“Remote Sensing and ²¹⁰Pb Geochronology in sediment profiles of the Mãe d’Água Dam for evaluation of areas impacted by urbanization”*. International Journal of Geology, v.11, p.35 – 41.

FERNANDES, F; POLETO, C. (2017) *“Geochemical enrichment of metals in sediments and their relation with the organic carbon”*. International journal of river basin management, v. 15, n. 1, p. 69-77.

FERNANDES, F.; POLETO, C. (2018). *“Processo de assoreamento de lago urbano através de técnicas de core e datação por ²¹⁰Pb”* in Anais do XIII Encontro Nacional de Sedimentos I Partículas nas Américas. Vitória/ES.

MORA, T. A. (2015). *“Avaliação da concentração de atividade de Ra-226, Ra-228 e Pb-210 em sedimentos provenientes da Antártica na região da Baía do Almirantado”*. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo.

MÜLLER, G.; GRIMMER, G. BÖHNKE H. (1977). *“Sedimentary Record of Heavy Metals and Polycyclic Aromatic Hydrocarbons in Lake Constance”*. Naturwissenschaften, v. 64, p. 427 – 431.

POLETO, C.; BORTOLUZZI, E. C.; CHARLESWORTH, S. M.; MERTEN, G. H. (2009). *“Urban sediment particle size and pollutants in Southern Brazil”*. Journal of soils and sediments. 317p.

SANTOS, D. R.; SILVA, L. S.; KAMINSKI, J.; CERETTA, C. A.; SANTOS, M. A. S. (2006). *“Poluentes Orgânicos e Inorgânicos”* in Qualidade dos sedimentos. ABRH, Porto Alegre - RS. pp. 181-203.