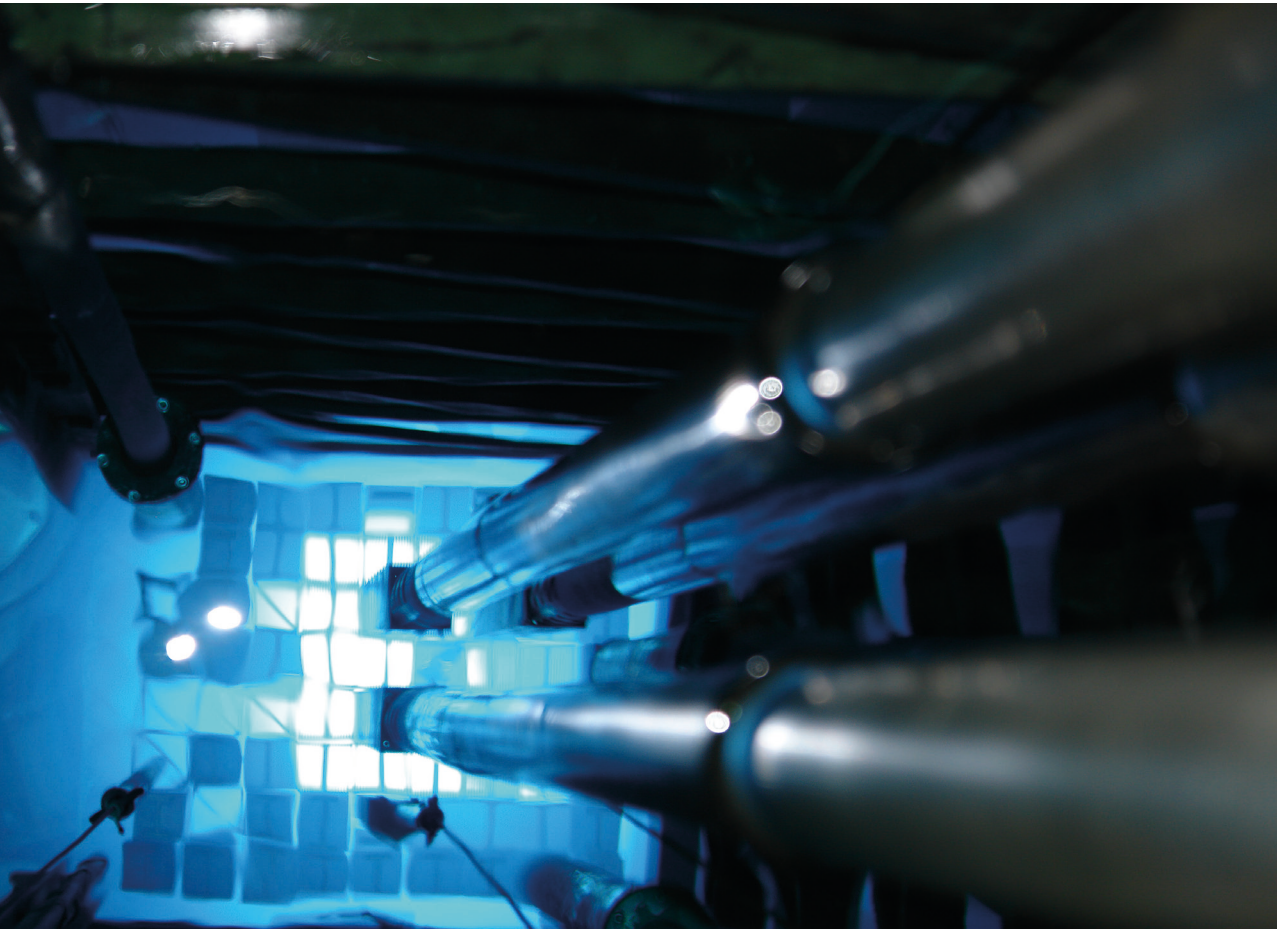


Paulo Sergio Cardoso Da Silva
Guilherme Soares Zahn
Francisco De Assis Souza
organizadores

CONTRIBUIÇÕES DO REATOR IEA-R1 PARA A PESQUISA NUCLEAR

WARP2: II Workshop Anual do Reator de Pesquisas



CONTRIBUIÇÕES DO
REATOR IEA-R1 PARA A
PESQUISA NUCLEAR

Conselho editorial

André Costa e Silva

Cecilia Consolo

Dijon de Moraes

Jarbas Vargas Nascimento

Luis Barbosa Cortez

Marco Aurélio Cremasco

Rogério Lerner

Blucher Open Access

PAULO SERGIO CARDOSO DA SILVA
GUILHERME SOARES ZAHN
FRANCISCO DE ASSIS SOUZA
(organizadores)

CONTRIBUIÇÕES DO
REATOR IEA-R1 PARA A
PESQUISA NUCLEAR
WARP2: II Workshop Anual do
Reator de Pesquisas

21 e 22 de novembro de 2019
Centro do Reator de Pesquisas
Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares

2022

Contribuições do Reator IEA-R1 para a Pesquisa Nuclear

WARP2: II Workshop Anual do Reator de Pesquisas

© 2022 Paulo Sergio Cardoso da Silva, Guilherme Soares Zahn e Francisco de Assis Souza

Editora Edgard Blücher Ltda.

Publisher Edgard Blücher

Editor Eduardo Blücher

Coordenação editorial Jonatas Eliakim

Produção editorial Thaís Costa

Diagramação Taís do Lago

Capa Laércio Flenic

Blucher

Rua Pedroso Alvarenga, 1245, 4º andar
04531-934 – São Paulo – SP – Brasil
Tel 55 11 3078-5366
contato@blucher.com.br
www.blucher.com.br

Segundo Novo Acordo Ortográfico, conforme 5. ed.
do *Vocabulário Ortográfico da Língua Portuguesa*,
Academia Brasileira de Letras, março de 2009.

É proibida a reprodução total ou parcial por quaisquer
meios, sem autorização escrita da Editora.

Todos os direitos reservados pela Editora
Edgard Blücher Ltda.

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

Angélica Ilacqua CRB-8/7057

Workshop anual do reator de pesquisas (2. : 2019 :
São Paulo)

Contribuições do reator IEA-R1 para a pesquisa
nuclear WARP 2 / organizado por Paulo Sergio Cardoso
da Silva, Guilherme Soares Zahn, Francisco de Assis
Souza. -- São Paulo : Blucher, 2022.

478 p : il.

21 e 22 de novembro de 2019 - Centro do Reator de
Pesquisas

Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares

Bibliografia

ISBN 978-65-5550-147-6 (impresso)

ISBN 978-65-5550-148-3 (eletrônico)

1. Pesquisa nuclear 2. Física nuclear I. Título II. Silva,
Paulo Sergio Cardoso da III. Zahn, Guilherme Soares IV.
Souza, Francisco de Assis IV. IPEN

21-5617

CDD 539.7

Índices para catálogo sistemático:

1. Pesquisa nuclear

COMITÊ ORGANIZADOR

Paulo Sergio Cardoso da Silva

Guilherme Soares Zahn

Francisco de Assis Souza

COMITÊ CIENTÍFICO

Paulo Sergio Cardoso da Silva

Guilherme Soares Zahn

Francisco de Assis Souza

Frederico Antônio Genezini

APOIO

O Comitê Organizador agradece o apoio do Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares (IPEN), do Departamento de Ensino do IPEN e da Marinha do Brasil, para a realização do II Workshop Anual do Reator de Pesquisas.



CARACTERIZAÇÃO QUÍMICA INORGÂNICA DO SEDIMENTO DA LAGUNA DE PEÑA, URUGUAI

Carlos E. C. Rodrigues¹, Sandra R. Damatto¹ e Felipe García-Rodríguez²

¹ Laboratório de Radiometria Ambiental – Centro de Metrologia das Radiações
Av. Professor Lineu Prestes, 2242
05508-000 São Paulo – SP
carlos.eduardo.rodrigues@usp.br

² Universidad de la República de Uruguay – Departamento de Geociencias
Av. 18 de Julio 1968
Montevideo, Uruguay

RESUMO

A Laguna de Peña, localizada no litoral leste do Uruguai, é um pequeno corpo d'água doce que corresponde a uma faixa sedimentar estreita chamada “La Angostura”, possui uma extensão desde o oceano Atlântico até a Laguna Negra, nas coordenadas 34°00'13.63”S – 53° 33'10.38”O. Na segunda metade do século XX, foi criado o Parque Nacional Santa Teresa, localizado na região da Laguna de Peña, o que trouxe uma forte modificação na cobertura vegetal da área de estudo. Para estimar uma possível influência humana na área, foi coletado um testemunho de sedimento no centro da lagoa, em 2016, com o objetivo de se

fazer a análise química inorgânica dos sedimentos determinando os elementos As, Ba, Ce, Co, Cr, Cs, Eu, Fe, Hf, K, La, Lu, Na, Nd, Rb, Sb, Sc, Sm, Tb, Th, U, Yb e Zn pela técnica de análise por ativação com nêutrons instrumental (INAA). As amostras e materiais de referência foram irradiados por um período de seis horas, sob um fluxo de nêutrons térmicos de 10^{12} n cm s⁻¹, no Reator de Pesquisa IEA-R1 do IPEN. Os resultados obtidos de concentração dos elementos químicos foram comparados com os valores de referência da Crosta Continental Superior (UCC), e do Folhelho Norte-Americano (NASC); alguns elementos como As, Cr, Cs, Lu, Sb e U, apresentaram valores acima dos valores de referência citados. Com os resultados obtidos das concentrações dos elementos foi possível estimar o fator de enriquecimento.

1. INTRODUÇÃO

Desde sua origem, há cerca de 4,5 bilhões de anos, a Terra seguiu uma evolução determinada pelas forças geológicas. Nos últimos três bilhões de anos, a vida floresceu em nosso planeta de modo lento, inicialmente. A espécie humana apareceu há 200 mil anos e evoluiu a ponto de desenvolver a civilização que do planeta [1].

Desde os anos 80, alguns pesquisadores começaram a definir o termo Antropoceno como uma época em que os efeitos da humanidade estariam afetando globalmente nosso planeta [1]. Paul Crutzen [2] foi um dos principais autores, que nos anos 2000, auxiliaram na população do termo discutindo o que seria essa nova era geológica da Terra.

Segundo Galuszka [3] a relação entre as alterações naturais e as proporcionadas pela ação antrópica nas espécies químicas é uma questão que envolve implicações importantes em algumas áreas, por exemplo, geologia, biologia e geoquímica.

Existe no Uruguai, particularmente na região sudeste, várias investigações que apontam a presença de impactos humanos sobre diferentes ambientes no período do Holoceno [4,5].

A compreensão dos impactos causados pela sociedade humana sobre as mudanças ambientais é um dos pontos centrais das pesquisas na atualidade [6,7].

Para auxiliar nessa compreensão, o presente trabalho caracterizou inorganicamente um testemunho de sedimento, determinando os elementos As, Ba, Br, Ce, Co, Cr, Cs, Eu, Fe, Hf, K, La, Lu, Na, Nd, Rb, Sb, Sc, Se, Sm, Ta, Tb, Th, U, Yb, e Zn pela técnica de análise por ativação com nêutrons instrumental, proveniente do litoral leste do Uruguai, mais precisamente do corpo d'água chamado

Laguna de Peña. Com os resultados obtidos da concentração química inorgânica tentou buscar uma possível influência antrópica no local estudado verificando se os elementos químicos determinados estavam enriquecidos quando comparados aos valores de referência da Crosta Continental Superior [8].

2. METODOLOGIA

2.1. Área de estudo

A Laguna de Peña, localizada no litoral leste do Uruguai, é um pequeno corpo d'água doce que corresponde a uma faixa sedimentar estreita chamada "La Angostura" e possui uma extensão desde o oceano Atlântico até a Laguna Negra, nas coordenadas 34°00'13.63"S – 53° 33'10.38"O. Na segunda metade do século XX, foi criado o Parque Nacional Santa Teresa, localizado na região da Laguna de Peña, o que trouxe uma forte modificação na cobertura vegetal da área de estudo [4,5].

2.2. Amostragem e pré-tratamento das amostras

O testemunho de sedimento foi coletado na área central da Laguna de Peña utilizando-se um amostrador de sedimentos manual. O testemunho foi seccionado a cada 2 cm, as amostras foram pesadas e secas em estufa a 60°C e peneiradas em malha 0,0063 mm com água superpura.

2.3. Análise por ativação com nêutrons instrumental – INAA

No presente trabalho, foram analisados os elementos As, Ba, Br, Ce, Co, Cr, Cs, Eu, Fe, Hf, K, La, Lu, Na, Nd, Rb, Sb, Sc, Se, Sm, Ta, Tb, Th, U, Yb, e Zn. As amostras e materiais de referência foram irradiados por um período de 6h, sob um fluxo de nêutrons térmicos de 1012 n cm⁻² s⁻¹ no Reator de Pesquisa IEA-R1 do IPEN. Aproximadamente 200 mg das amostras de sedimento e 180 mg dos materiais de referência foram pesados e submetidos à irradiação por 6 horas; para a validação dessa metodologia foram utilizados os materiais de referência Montana II Soil – SRM 2711a e Sedimento Marinho – SEM 2702, ambos do Nist e Sedimento de Lago – IAEA-SL-3 da IAEA.

A determinação dos elementos As, Br, La, Nd, Sb, Sm, Tb, U e Yb foi realizada após 7 dias da irradiação das amostras e os demais elementos após 15 dias. Utilizou-se um detector germânio hiperpuro (HPGe) com janela de berílio modelo GMX 25190 com 23% de eficiência relativa e resolução 2,1 keV relativo

ao ^{60}Co , da marca ORTEC, associado a um sistema eletrônico e programa de análise de espectros InterWinner-WinnerGamma 6.0 da ORTEC [9].

2.4. Avaliação do enriquecimento do sedimento

O fator de enriquecimento (FE) é um método utilizado para analisar a influência antropogênica em um determinado ambiente, verificando se um elemento químico está enriquecido quando comparado com valores de referência. Neste método utiliza-se elementos que se mantêm imóveis durante o intemperismo, como o Al, ou que variem pouco como Hf e Sc, como normalizadores. Os valores de referência utilizados foram os da Crosta Continental Superior (CCS) [8] e o cálculo do fator de enriquecimento seguiu os procedimentos propostos por Damatto [10].

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Tabela 1 são apresentados os valores médios, mínimo e máximo de concentração em mg kg^{-1} , dos elementos determinados e também os valores de referência da Crosta Continental Superior-CCS [8]. Os elementos As, Br, Cr, Lu, Nd, Sb, Sc, Se, Sm, Tb, U, e Yb apresentaram valores superiores aos da CCS, indicando o enriquecimento desses elementos no ambiente estudado.

Na Figura 1 são apresentados os resultados dos elementos que apresentaram valores de concentração acima da CCS, em função da profundidade.

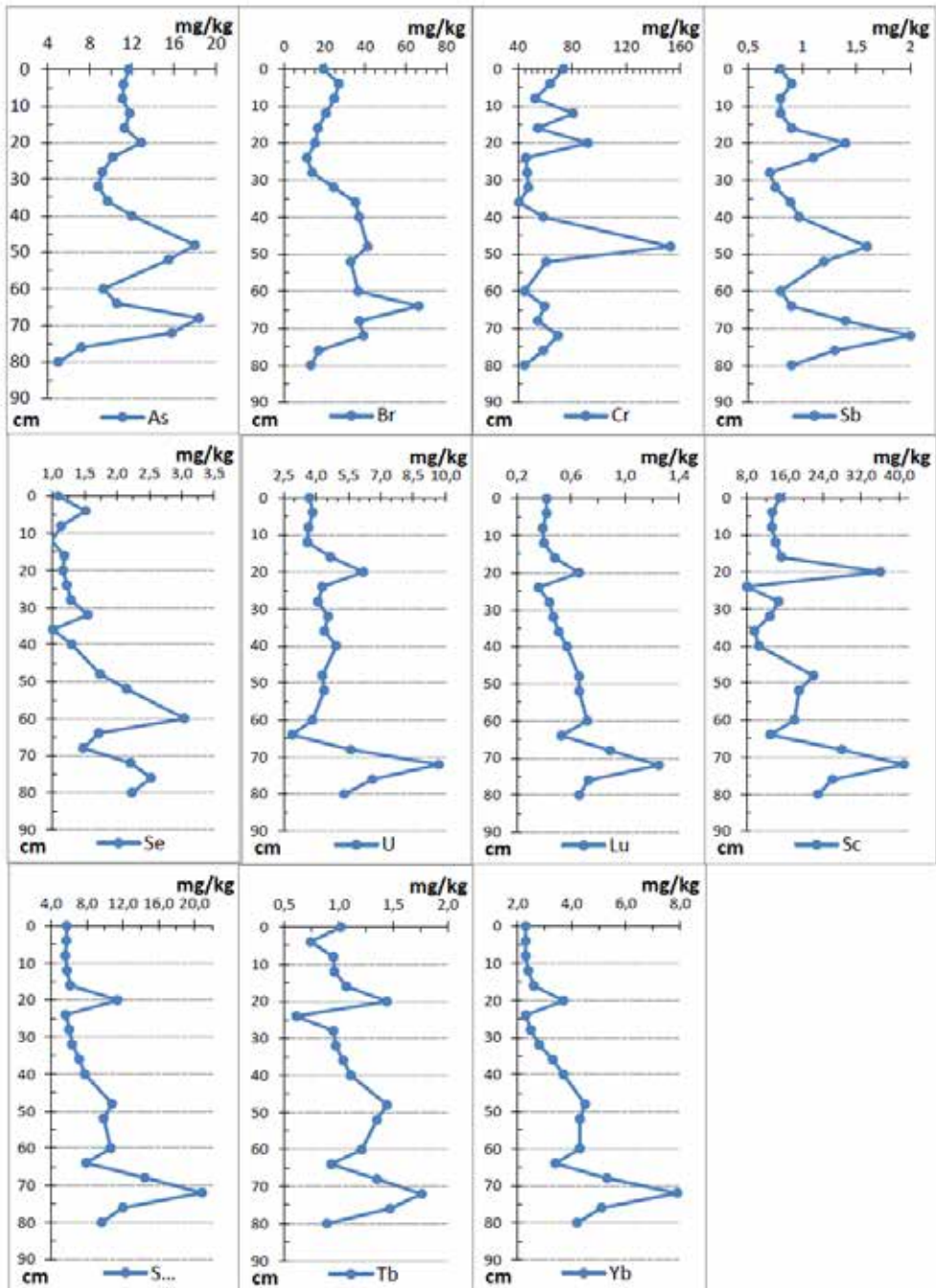
Na Figura 2 é apresentado o FE dos elementos estudados, exceto para o elemento Nd pois o mesmo apresentou concentração detectável somente em algumas fatias do testemunho.

Utilizando a classificação proposta por Sutherland [11], observou-se que os elementos químicos Ba, Ce, Co, Eu, Fe, K, La, Lu, Na, Rb, Sc, Tb, Th, Yb apresentaram baixo enriquecimento (valores < 2), os elementos Cr, Cs, Sm, Se U, Zn enriquecimento moderado (valores 2 a 5) e os elementos As, Sb e Br apresentam enriquecimento muito alto (valores > 5 a 40). Nenhum elemento apresentou valores acima de 40, ou seja, enriquecimento muito severo.

Tabela 1 – Valores médios, mínimo e máximo de concentração em mg kg⁻¹, dos elementos determinados

Elemento	Média	Min	Máx	CCS	Elemento	Média	Min	Máx	CCS
As	11,6	5,0	18,4	2	Na	4,51	2,49	5,78	2,57
Ba	478	255	999	668	Nd	35	26,6	52,8	25,9
Br	28	11,3	66,5	1,6	Rb	123	81	218	110
Ce	79	43	141	65,7	Sb	1,0	0,7	2,0	0,31
Co	21	7,6	45,5	11,6	Sc	18,6	8,1	40,7	7
Cr	64	41	153	35	Se	1,63	0,99	3,04	0,083
Cs	13	4	30	5,8	Sm	9,0	5,61	20,9	4,7
Eu	1,8	0,6	4,3	0,95	Ta	0,78	0,57	1,08	1,5
Fe (%)	5,04	2,2	11	3,09	Tb	1,11	0,61	1,76	0,5
Hf	4,6	2,7	7,9	5,8	Th	12	7	18	10,3
K (%)	1,16	0,5	1,6	2,9	U	4,77	2,89	9,70	2,5
La	38	17	79	32,3	Yb	3,6	2,3	7,9	1,5
Lu	0,59	0,36	1,25	0,27	Zn	153	31,2	508	52

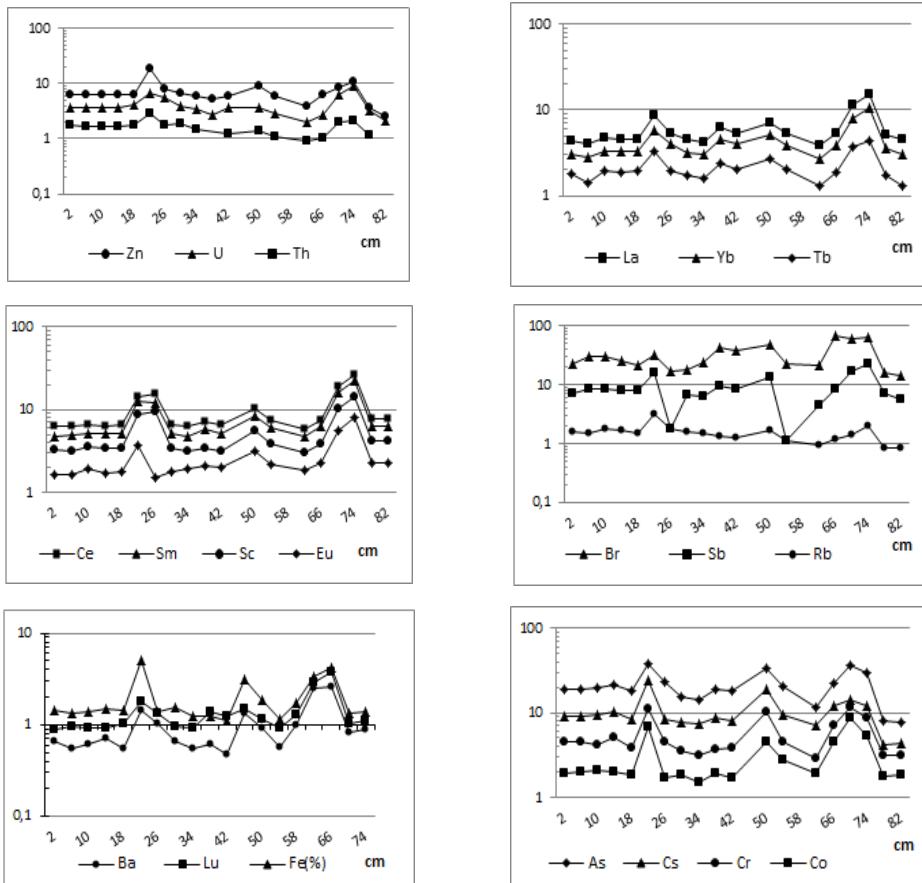
Figura 1 – Elementos com valores de concentração superiores ao CCS em função da profundidade.



4. CONCLUSÃO

O presente trabalho realizou uma caracterização inorgânica dos sedimentos da Laguna de Peña localizada no Uruguai, utilizando a técnica de análise por ativação com neutros, instrumental e com os resultados obtidos de concentração calculou-se o fator de enriquecimento dos elementos com relação aos valores da Crosta Continental Superior. Verificou-se que entre todos os elementos estudados somente o As apresentou valores considerados muito altos de enriquecimento em praticamente todas as fatias analisadas da coluna sedimentar e os elementos Cr e o Se apresentaram enriquecimento moderado. Esses resultados de valores de enriquecimento sugerem uma ação antrópica na Laguna de Peña que poderiam ser comprovados com mais estudos nos arredores da Laguna, como no solo e água e não somente do sedimento.

Figura 2 – Fator de enriquecimento dos elementos estudados em função da profundidade.



REFERÊNCIAS

1. ARTAXO, P. Uma nova era geológica em nosso planeta: o Antropoceno? *Revista USP*, v. 103, p.13-24, 2014.
2. CRUTZEN, P. J. Geology of Mankind. *Nature*, v. 415, p. 23, 2002.
3. GALUSZKA, A.; MIGASZEWSKI, Z. M. Concentrations of polynuclear aromatic hydrocarbons in sediments of Lake Wigry and selected rivers near Suwaki, northeastern Poland. *Prace Komisji Paleogeografii Czwartorze du Polska Akademia Umiejetnos'ci* (in polish with english summary), v. 2, p. 49-54, 2004.
4. PUERTO, L. *Interrelaciones humano-ambientales durante el Holoceno tardío en el este del Uruguay: cambio climático y dinámica cultural*. 2015. Tesis (Doctorado en Ciencias Biológicas – Ecología) – Programa de Desarrollo de las Ciencias Básicas (PEDECIBA), Facultad de Ciencias, Universidad de la República (Uruguay), 2015.
5. INDA, H. *El Antropoceno en el sudeste del Uruguay: casas, indicadores y consecuencias*. Tesis (Doctorado) – Programa de Desarrollo de las Ciencias Básicas (PEDECIBA), Facultad de Ciencias, Universidad de la República (Uruguay), 2016.
6. ANDERSON, D.; MAASCH, K.; SANDWEISS, D.; MAYEWSKI, P. A. Climate and culture change: exploring Holocene transitions. In: ANDERSON, D. G.; MAASCH, K.; SANDWEISS, D. (eds.). *Climate change and cultural dynamics: a global perspective on mid-holocene transitions*. Elsevier/Academic Press, 2007. p. 1-23.
7. RODRIGUES, A. S. L.; NALINI JR., H. A. Valores de background geoquímico e suas implicações em estudos ambientais. *Rem. Rev. Esc. Minas, Ouro Preto*, v. 62, n. 2, p. 155-165, 2009.
8. WEDEPOHL, K. H. “The composition of the continental crust. *Geochim Cosmochim Acta*, v. 59, p. 1217-1232, 1995.
9. ORTEC. INTERWINNER™ 6.0 MCA. *Emulation, Data and Analysis software for gamma and alpha spectroscopy*. IW B-32 2004. Oak Ridge, TN, EUA, 2004.
10. DAMATTO, S. R. *Radionuclídeos naturais das séries do ^{238}U e ^{232}Th , elementos traço e maiores determinados em perfis de sedimento da Baixada Santista para avaliação de áreas impactadas*. 2010. Tese (Doutorado em Tecnologia Nuclear – Aplicações) – Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares (IPEN),

Universidade de São Paulo (USP), São Paulo, 2010. DOI: 10.11606/T.85.2010.tde-29082011-104225.

11. SUTHERLAND, R. A. Bed sediment-associated trace metals in an urban stream, Oahu, Hawaii. *Environ Geo*, v. 39, n. 6, p. 611-627, 2000.

