



### Resumo Expandido

<b>Título da Pesquisa (Português):</b> Granulometria e concentrações de metais pesados em sedimentos de lagoas marginais no rio São Francisco – MG: análise e importância ambiental		
<b>Título da Pesquisa (Inglês):</b> Grain size and heavy metals concentrations in sediments of the marginal lagoons of the São Francisco river-brazil: analysis and environmental importance		
<b>Palavras-chave:</b> Lagoas marginais, sedimentos, metais pesados e contaminação.		
<b>Keywords:</b> Marginal lagoons, sediments, heavy metals and contamination		
<b>Campus:</b> Congonhas	<b>Tipo de Bolsa:</b> PIBIC-Jr (EM)	<b>Financiador:</b> CNPq
<b>Bolsista(s):</b> Gisele Aparecida Silva, Henrique Caixeta Brigolini e Joyce Kelly de Souza Oliveira		
<b>Professor Orientador:</b> Wallace Magalhaes Trindade		
<b>Área de Conhecimento:</b> Geociências		<b>Edital:</b> 051/2014

**Resumo:** As lagoas marginais do alto-médio São Francisco constituem importantes ambientes de reprodução de peixes, irrigação e reservatório de água que historicamente têm sido utilizados pelas comunidades ribeirinhas e mais recentemente estão sob influência das atividades agrícolas e industriais. O objetivo deste trabalho é caracterizar a distribuição granulométrica e avaliar as concentrações de metais pesados em amostras de sedimentos de lagoas marginais do rio São Francisco na região de Pirapora-MG. Os procedimentos metodológicos basearam-se em amostragens de sedimentos em perfis verticais, análise granulométrica e quantificação de elementos selecionados por Espectrometria de Emissão Ótica (ICP-OES). A análise granulométrica demonstrou a predominância da fração silte nas lagoas marginais I e II. Entretanto a ocorrência e alternância de camadas arenosas na base da coluna de sedimentos da Lagoa II indicam um ambiente deposicional com recorrências de fluxos de mais alta energia. De maneira geral, os resultados demonstraram um enriquecimento dos teores de metais na camada superficial. Os valores mais elevados de metais encontrados nas camadas superiores, até 60 cm de profundidade, sugerem a deposição de contaminantes adsorvidos aos sedimentos possivelmente associados com a mudança do uso do solo a partir de 1960.

**Abstract:** Marginal lagoons from the high-middle São Francisco are important environment for fish reproduction, irrigation and water reservoir, which historically has been utilized by the riverine communities. More recently, they are under the influence of agricultural and industrial activities. The objective of this work was to characterize grain size distribution and measure heavy metal concentrations in sediment samples from marginal lagoons of São Francisco river in the region of Pirapora-MG. The methodology was based in sampling of vertical sediment profiles, analysis of grain size distribution and quantification of selected elements by Optical Emission Spectrometry (ICP-OES). Grain size distribution showed the predominance of silt fraction in marginal lagoons I and II. However, the occurrence and alternating sandy layers at the base of the lagoon II sediment column indicate depositional environment with recurrences of higher energy flows. The results showed an enrichment of metal concentrations in superficial layers. The highest values found in superficial layers, up to 60 cm deep, suggest contaminant deposition adsorbed to the sediments. These results are probably related with the change of land use since 1960.

### INTRODUÇÃO:

Integradas aos sistemas fluviais de fundos de vale, as lagoas marginais são ambientes de sedimentação tipicamente lacustres periódica ou permanentemente afetadas pelos efeitos do transbordamento lateral dos cursos d'água (JUNK, 1989). São consideradas áreas úmidas (*wetlands*) e desempenham importantes funções ecológicas e hidrodinâmicas.

No médio curso do rio São Francisco onde ocorrem longos períodos de estiagens (de 5 a 7 meses), as lagoas marginais são responsáveis pela reprodução e repovoamento de peixes de espécies migratórias

(POMPEU, 1997; GODINHO e POMPEU, 2003), importantes reservatórios de água doce para as comunidades ribeirinhas usados na dessedentação de animais e irrigação. Do ponto de vista hidrodinâmico, constituem geralmente depressões alongadas paralelamente ao canal fluvial que, a exemplo das planícies, reduzem a energia cinética dos pulsos de inundação e funcionam como áreas de retenção de sedimentos (WOLMAN e LEOPOLD 1957; JUNK, 1989). Assim sendo, os sedimentos depositados nas lagoas marginais são registros espaço-temporais da hidrodinâmica fluvial e marcadores da afluência de contaminantes na bacia de drenagem (GODOY et al, 1998; ARGOLLO, 2001; NERY, 2009).

O objetivo principal deste trabalho é caracterizar a distribuição granulométrica e avaliar as concentrações de metais pesados em sedimentos de lagoas marginais do rio São Francisco na região de Pirapora-MG, buscando obter informações acerca da influência espaço-temporal das atividades agrícolas e industriais na qualidade ambiental da área de estudo.

Historicamente as atividades agrícolas e os processos industriais utilizam um crescente número de elementos químicos na busca de maior produtividade e novos produtos. Dentre estes elementos químicos destaca-se o grupo dos metais pesados, que por suas características físicas e químicas são amplamente utilizados como micronutrientes nos agroquímicos e participam de muitos processos e compostos industriais.

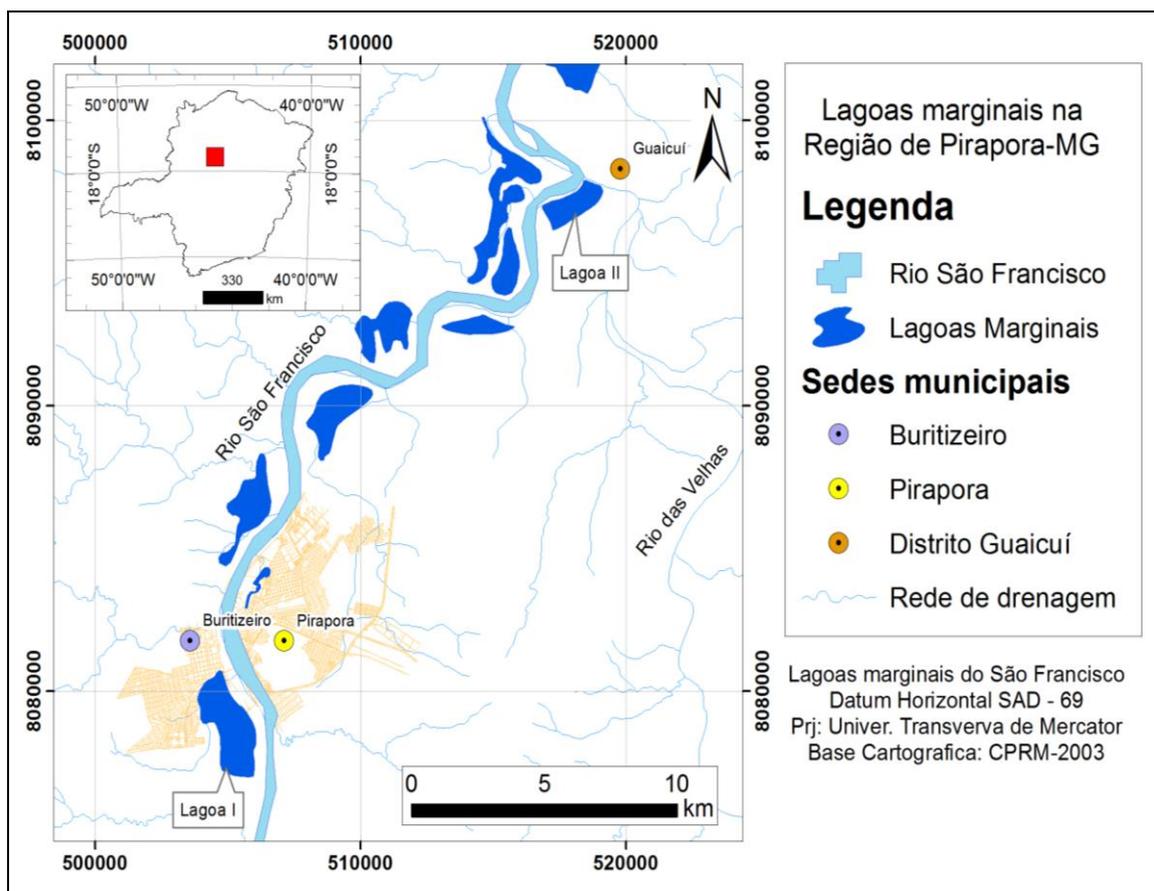
O termo metal pesado tem sido usado para se referir ao grupo de elementos químicos que possuem número atômico maior que 20 e densidade específica superior a  $5,0 \text{ g/cm}^3$  (WILD 1993, MALAVOLTA 1994, AMARANTE 1997) bem como aqueles que apresentam toxicidade elevada cujos efeitos cumulativos podem afetar a qualidade dos recursos naturais e a saúde humana (DUFFUS, 2002).

Os principais problemas ambientais envolvendo os metais pesados relacionam-se à complexidade dos métodos de tratamento e à acumulação nos ambientes aquáticos em concentrações acima dos valores naturais. Neste sentido, os cursos d'água e elementos fluviais como planícies e lagoas marginais estão entre os mais impactados pela introdução de contaminantes oriundos de áreas agrícolas, centros urbanos e indústrias.

Na microrregião de Pirapora-MG ocorre um grande número de lagoas marginais, localizadas na faixa de transbordamento lateral do rio São Francisco cujo acúmulo de sedimentos é influenciado por distintos usos e ocupação dos solos, sobretudo agricultura e indústria (FIG.1).

Nesta região a ocupação dos solos foi fortemente marcada pelas ações da Superintendência de Desenvolvimento do Nordeste (SUDENE) que com intuito de desenvolver o Cerrado norte-mineiro, concedeu terras e incentivos fiscais para a implantação de monoculturas de pinus, eucaliptos e fruticultura na área rural, assim como implantou polos industriais metalúrgicos nas cidades de Pirapora e Várzea da Palma (BAGGIO, 2002). Neste contexto, desde a década de 1960, com a introdução das monoculturas e dos parques industriais, a paisagem natural tem sido bastante alterada com surgimento de impactos socioambientais negativos.

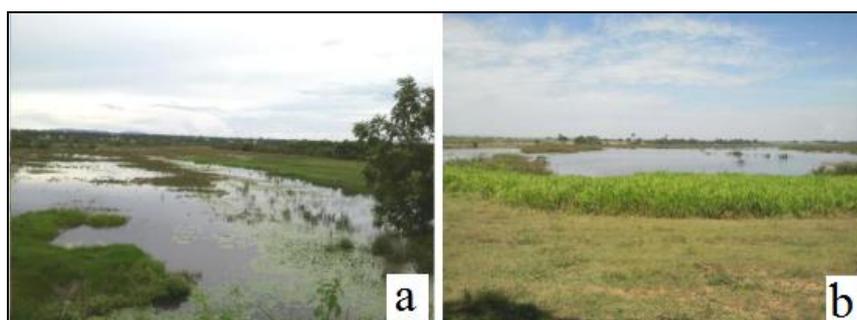
Atualmente as atividades agrícolas e industriais desenvolvidas na área de estudo são reconhecidas por manejarem grande quantidade de metais pesados e pode exercer forte pressão ambiental sobre os recursos naturais da Bacia Hidrográfica do Rio São Francisco.



**FIGURA 1** - Localização da área de estudo e das lagoas selecionadas para amostragem de sedimentos.

**METODOLOGIA:**

Para a realização deste trabalho foram selecionadas 02 (duas) lagoas marginais (FIG. 2) que estão associadas a distintos usos e ocupação dos solos, a saber: lagoa I, localizada a montante das cidades de Pirapora e Buritizeiro, com uma área de 462,30 hectares e; b) lagoa II com área de 190,00 hectares localizada a jusante dos centros urbanos, do parque industrial e do projeto agrícola (fruticultura).



**FIGURA 2** - Visada frontal das lagoas marginais selecionadas. a) Lagoa I. b) Lagoa II.

Nestas lagoas foram coletados sedimentos e analisadas a composição granulométrica e concentrações de metais pesados. As amostras de sedimentos foram coletadas com um testemunhador a percussão, que permitiu a preservação da organização das camadas sedimentares. Na lagoa I o testemunho coletado foi de 223 centímetros, subdividido em 14 camadas de acordo com os aspectos morfológicos, cor e textura. Na lagoa II o testemunho alcançou 492 cm, subdividido em 28 camadas também de acordo com a coloração e textura.

A composição granulométrica das camadas foi determinada por difratometria em Analisador de Partículas a Laser - Sympatec System-Partikel-Technik com intervalos de detecção variando entre 0,2 e 2000 µm. As partículas foram classificadas como argilas, siltes e areias segundo a escala de Wentworth (1922).

A caracterização química das amostras foi realizada por Espectrometria de Emissão Ótica com Plasma Indutivamente Acoplado - ICP-OES que permitiu determinar as concentrações de Cr, Ni, Cu, Zn e Pb em mg/kg (miligramas por quilo). Estes elementos foram selecionados em virtude da relevância ambiental, ecotoxicidade e por serem reconhecidos como indicadores de contaminação ambiental decorrentes de atividades humanas.

Antes da quantificação dos metais, as amostras foram preparadas seguindo o método SW-846-3051 (US EPA, 1998), que consiste na separação de 0,5 g da fração fina (<0,063mm) de cada amostra e digestão com 10 ml de ácido nítrico concentrado (HNO<sub>3</sub>) em micro-ondas.

Com os resultados analíticos foram elaborados perfis granulométricos no Software STRATER 3.0, gráficos de concentração dos metais pesados selecionados e procedeu-se a comparação entre as concentrações encontradas e os Valores Guia de Qualidade dos Sedimentos (VGQS) estabelecidos na resolução 344 de 2004 do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA).

## **RESULTADOS E DISCUSSÕES:**

A granulometria dos sedimentos tem destacada importância para análise das concentrações de metais pesados tendo em vista a relação entre a elevada área superficial das partículas finas (silte e argila), e a alta capacidade de adsorção de contaminantes (FÖRSTNER e WITTMANN, 1979; SAWER et al, 2003). Desta forma, ambientes lacustres, como as lagoas marginais, tendem a acumular sedimentos finos e conseqüentemente os contaminantes a estes associados.

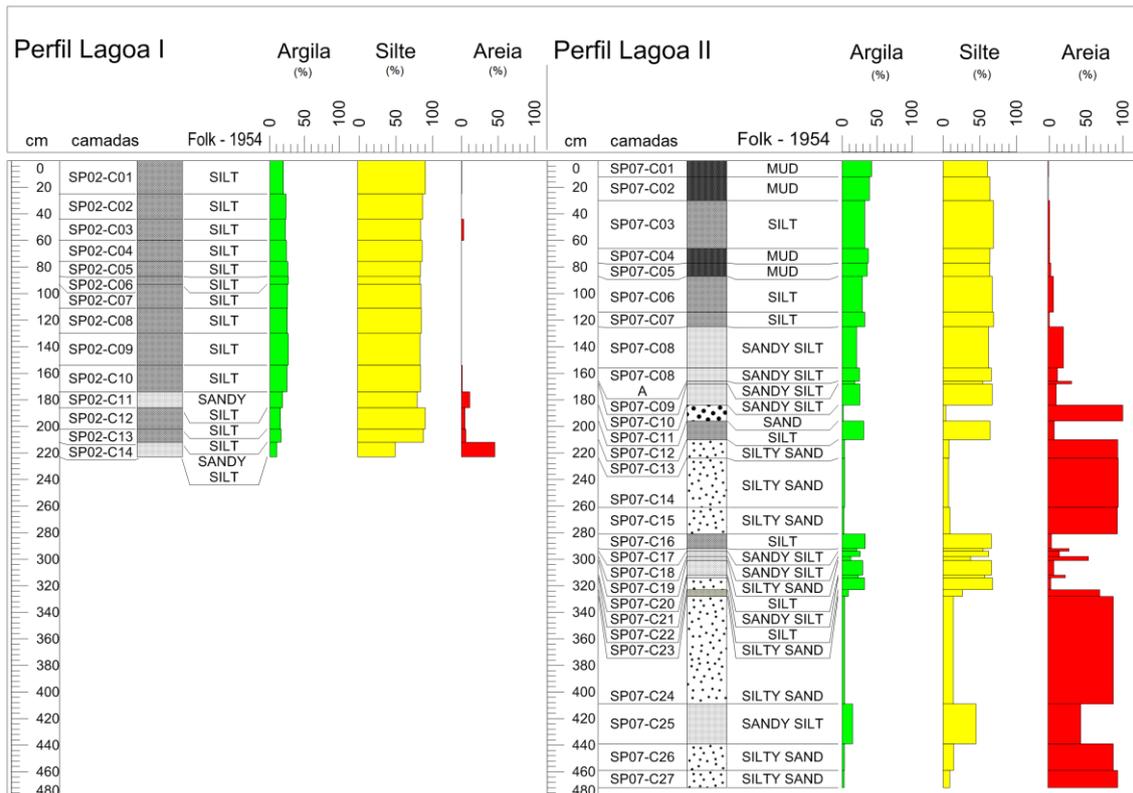
Nas lagoas marginais estudadas os sedimentos são predominantemente silto-argilosos. No entanto, a organização e a ocorrência de camadas arenosas na lagoa II sugerem diferenças significativas no padrão deposicional das lagoas (FIG. 3).

O perfil granulométrico da Lagoa I é relativamente homogêneo, típico de ambientes de pouca energia e baixo gradiente de transporte. As porcentagens de silte (0,004 - 0,063 mm) são superiores a 70%, exceto na camada C14 que apresentou 44,75 %. A fração argila (menor que 0,004 mm) ocorre em menor quantidade que o silte em todas as camadas do testemunho apresentando um valor médio de 21,02%. Já a fração areia (maior que 0,063 mm) tem ocorrência restrita, com média de 5,17%.

Na Lagoa II os sedimentos são predominantemente siltosos e os valores médios de argila, silte e areia são de 20,04%, 45,87 % e 34,08% respectivamente.

Em contraposição a lagoa I observa-se um padrão textural bastante heterogêneo com sedimentos grosseiros na base e finos no topo (FIG. 3). A partir de 180 cm de profundidade os sedimentos tornam-se predominantemente arenosos, chegando a 95,15 % de areia na camada C10.

Além da granulometria grosseira, as camadas arenosas são geralmente mais espessas e formam contatos abruptos com os sedimentos finos indicando uma rápida mudança no gradiente de transporte do sistema fluvial (Figura 4).



**FIGURA 1** – Distribuição e classificação granulométrica dos sedimentos das lagoas marginais I e II.

De maneira geral, a ocorrência de sedimentos finos sobrepostos aos sedimentos arenosos sugere o decaimento do gradiente de transporte dos cursos d'água que podem ser associado a fatores naturais e/ou antrópicos (COLLINSON e THOMPSON, 1982).

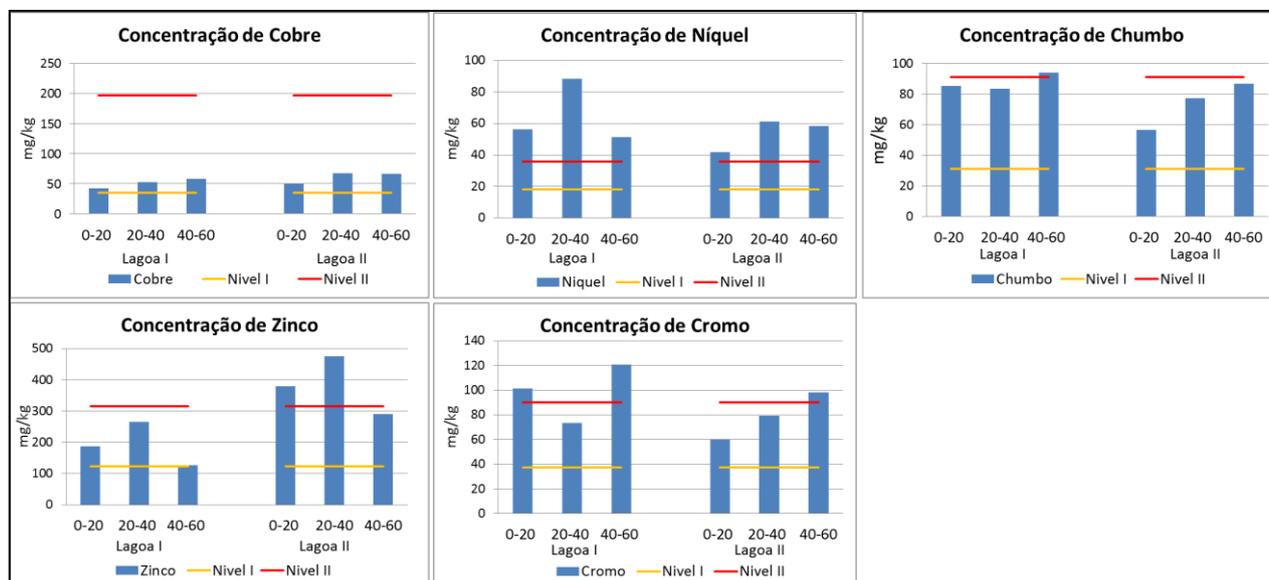


**FIGURA 2** – Testemunhos sedimentares com contatos abruptos entre as camadas silto-argilosas e arenosas na Lagoa II.

Os resultados da Espectrometria de Emissão Ótica (ICP-OES) demonstram que nas camadas superiores (0 de 20 cm, 20 a 40 cm e 40 a 60 cm profundidade, respectivamente A, B e C), ocorrem concentrações de Chumbo (Pb), Zinco (Zn), Cobre (Cu), Níquel (Ni) e Cromo (Cr) acima dos Valores Guia da Qualidade dos Sedimentos (VGQS) estabelecidos na resolução 344/04 do CONAMA (FIG. 5). Tais valores representam as concentrações mínimas abaixo das quais não são observados efeitos adversos a biota (Nível I) e concentrações máximas acima das quais provavelmente ocorrem efeitos nocivos a biota (Nível II).

Dentre os elementos analisados somente o Cu não apresentou concentrações máximas acima do Nível II. No entanto, salienta-se que em todas as camadas os valores de Cu estão acima do Nível I (35 mg/kg), colocando estes ambientes na faixa de incerteza sobre a ocorrência de efeitos adversos a biota (FIG. 5).

As concentrações Ni, principalmente na Lagoa I (88,4 mg/kg), se mantiveram muito acima do Nível II (18 mg/kg) indicando prováveis efeitos adversos à biota. Trindade (2010) analisou os sedimentos de corrente do rio São Francisco e verificou o incremento de Ni nas áreas adjacentes à Lagoa I, tendo associado o aumento das concentrações de Ni com atividades agrícolas que ocorrem na área.



**FIGURA 5 -** Concentrações de metais pesados e VGQS da Resolução CONAMA 344/04

As concentrações de Zn apresentam perfis semelhantes nas duas lagoas (FIG. 5) sendo que na lagoa II as concentrações estão mais elevadas e acima do Nível II nas camadas superiores A e B (378,97 e 475,77 mg/kg respectivamente). Nesta área Ribeiro et al (2010) encontrou teores elevados de Zn na água superficial do rio São Francisco e os associou a efluentes industriais e urbanos.

Para Cr foram observadas concentrações acima do Nível II nas camadas A (101,2 mg/kg) e C (120,9) da lagoa I e na camada C da lagoa II (98,4 mg/kg). Apesar dos valores demonstrarem um possível comprometimento a biota, destaca-se que diferentemente dos demais elementos analisados que apresentam relação direta com as atividades antrópicas desenvolvidas, o Cr tem sido associados a fatores naturais, como fontes litogênicas da área de estudo (BAGGIO, 2008 e TRINDADE, 2007).

## CONCLUSÕES:

De maneira geral, os resultados encontrados corroboram com a proposta do trabalho e evidenciam a relação dos sedimentos finos (< 0,063 mm) com a maior adsorção de elementos químicos, uma vez que nas camadas mais superficiais, onde estes sedimentos predominam ocorreram as concentrações mais elevadas de metais pesados.

Outra importante relação apresentada é variação das concentrações de metais pesados de acordo com os distintos usos e ocupação dos solos. Nas áreas agrícolas predominaram maiores concentrações de Níquel e Chumbo, sendo que para Ni foram encontrados valores que estão 2.46 vezes acima do limite máximo indicando um possível comprometimento a biota. Nas áreas urbano/industriais as maiores concentrações de metais foram verificadas para Zinco com valores até 1.5 vezes acima do limite ambiental permitido. Em ambos os casos estes elementos tem forte ligação com estas atividades. Na agricultura o Níquel é considerado um elemento essencial, pois participa da ativação enzimática das plantas, atua na

resistência dos cultivos a pragas e na fixação de Nitrogênio. Já o Zinco participa de diversas etapas dos processos industriais, sobretudo em indústrias metalúrgicas e têxteis comumente encontradas na região.

Por fim destaca-se que as lagoas marginais do rio São Francisco são, indiscutivelmente, de notável relevância ecológica quanto à conservação da biodiversidade regional e que a partir dos dados apresentados neste trabalho ambientes também funcionam como reservatórios de sedimentos que por suas características físicas e químicas podem fornecer informações acerca da origem, evolução e fluxos de contaminantes nas bacias de drenagem. Sendo assim estudos desta natureza, quando associados a traçadores geocronológicos, podem ser empregados no reconhecimento das alterações ocorridas nos sistemas fluviais e na avaliação dos impactos pretéritos e atuais das atividades antropogênicas, bem como na formulação de cenários futuros.

## REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA:

- AMARANTE, A. (1997) *Comportamento geoquímico de metais pesados em sedimentos argilosos da Bacia de São Paulo – estudo de caso*. 98 f. Dissertação (Mestrado em Geologia) Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo - USP. São Paulo-SP.
- ARGOLLO, R. M. (2001) *Cronologias de sedimentação recente e de deposição de metais pesados na baía de Todos os Santos usando Pb210 e Cs137*. 104 f. Tese (Doutorado em Geofísica) Instituto de Geociências. Universidade Federal da Bahia - UFBA. Salvador-BA.
- BAGGIO, H. F. (2008) *Contribuições naturais e antropogênicas para a concentração e distribuição de metais pesados em água superficial e sedimento de corrente na Bacia do Rio do Formoso, município de Buritizeiro, MG*. 216 f. Tese (Doutorado em Geologia) Instituto de Geociências, Universidade Federal de Minas Gerais - UFMG, Belo Horizonte-MG.
- BAGGIO, H. F. (2002) *Alterações na Paisagem Natural e Agrícola do município de Buritizeiro - MG: Implicações do Plantio Generalizado de Pinus e Eucalipto no Meio Físico, Biológico e Sócio-econômico*. 154 f. Dissertação (Mestrado em Geografia)- Instituto de Geociências, Universidade Federal de Minas Gerais - UFMG, Belo Horizonte-MG.
- COLLINSON, J.D.; THOMPSON, D.B. (1982) *Sedimentary Structures*. London: Allen & Unwin. p. 194.
- DUFFUS, J. H. (2002) Heavy metals - a meaningless term? *Pure Applied Chemical*, United Kingdom, n. 05 , p. 793 - 807.
- FÖRSTNER, U.; WITTMANN, G.T. (1979) *Metall Pollution in the aquatic Environment*. Berlin, Heidelberg, New York: Springer-Verlag. p 483.
- GODINHO, A. L.; POMPEU, P. S. (2003) A importância dos riberões para os peixes de piracema. In: GODOY, J. M.; MOREIRA, I.; BRAGANÇA, M. J.; WANDERLEY, C.; MENDES, L. B. (1998) A study of Guanabara Bay sedimentations rates. *Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry*, Budapest, n. 1-2, p. 157-160.
- JUNK, W. (1989) The flood pulse concept in River-floodplains System. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* n, 106, p. 110-127.
- MALAVOLTA, E. (1994). *Fertilizantes e seu impacto ambiental: micronutrientes e metais pesados, mitos, mistificações e fatos*. São Paulo: ProduQuímica. p. 154.
- NERY, J. R. C. (2009). *Determinação da taxa de sedimentação na foz do rio*. 158 f. Tese (Doutorado em Geologia)- Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista - UNESP. Rio Claro-SP.
- POMPEU, P. S. (1997). *Efeitos das estações seca e chuvosa e da ausência de cheias nas comunidades de peixes de três lagoas marginais do médio São Francisco*. 72 f. Dissertação (Mestrado em Biologia) - Instituto de Ciências Biológicas, Universidade Federal de Minas Gerais - UFMG, Belo Horizonte-MG.
- RIBEIRO, E. V. (2010). *Avaliação da qualidade da água do Rio São Francisco no segmento entre Três Marias e Pirapora: metais pesados e atividades antropogênicas*. 196 f. Dissertação (Mestrado em Geografia) - Instituto de Geociências, Universidade Federal de Minas Gerais - UFMG, Belo Horizonte-MG.
- SAWER C.N.; MCCARTY P.L.; PARKIN G.F. (2003). *Chemistry for Environmental Engineering and Science*. 5. ed. New York: MacGraw-Hill. p. 768.
- TRINDADE, W.M. HORN, A. H. RIBEIRO, E.V. (2012). Concentrações de metais pesados em sedimentos do rio São Francisco entre Três Marias e Pirapora-MG: geoquímica e classificação de risco ambiental. *Geonomos*, Belo Horizonte, n. 01, p. 64 - 75.
- TRINDADE, W. M. (2010) *Concentração e distribuição de metais pesados em sedimentos do Rio São Francisco entre Três Marias e Pirapora/MG: fatores naturais e antrópicos*. 110 f. Dissertação (Mestrado em Geologia) - Instituto de Geociências, Universidade Federal de Minas Gerais - UFMG, Belo Horizonte-MG.
- .(2007) *Condições litoestruturais na origem e desenvolvimento de processos erosivos e arenização na Bacia do Rio do Formoso-MG*. 97 f. Monografia (Graduação em Geografia) - Departamento de Geografia, Universidade Estadual de Montes Claros UNIMONTES, Pirapora-MG.
- WENTWORTH, C.k. (1922). A scale of grade and glass terms for clastic sediments. *Journal of Geology*. p. 377-392.
- WILD, A. (1993) *Soils and the Environment: Introduction*. New York: Cambridge University. p. 287.
- WOMAN, M. G.; LEOPOLD, L. B. (1957) Rivers flood plains: some observations on their formation. *Professional Paper, United States Geological Survey*. Washington, n. 282 C, p. 87-107.