UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
ESCOLA DE ARTES CIÊNCIAS E HUMANIDADES
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM SUSTENTABILIDADE

MARIA LAURA MISAILIDIS LERENA

Estudo multidisciplinar da evolução ambiental do Reservatório de Salto Grande, Americana, SP, a partir de análises de *multiproxies* geoquímicos, de magnetismo ambiental e biológicos (Tecamebas)

São Paulo

2016

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
ESCOLA DE ARTES CIÊNCIAS E HUMANIDADES
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM SUSTENTABILIDADE

MARIA LAURA MISAILIDIS LERENA

**Estudo multidisciplinar da evolução ambiental do Reservatório de Salto Grande,
Americana, SP, a partir de análises de *multiproxies* geoquímicos, de magnetismo
ambiental e biológicos (Tecamebas)**

Dissertação apresentada à Escola de Artes, Ciências e Humanidades da Universidade de São Paulo para obtenção do título de Mestre em Ciências pelo Programa de Pós-graduação em Sustentabilidade.

Versão corrigida contendo as alterações solicitadas pela comissão julgadora em 3 de outubro de 2016. A versão original encontra-se em acervo reservado na Biblioteca da EACH/USP e na Biblioteca Digital de Teses e Dissertações da USP (BDTD), de acordo com a Resolução CoPGr 6018, de 13 de outubro de 2011.

Área de Concentração: Ciência e Tecnologia Ambiental

Orientadora: Profa. Dra. Wânia Duleba

São Paulo

2016

Autorizo a reprodução e divulgação total ou parcial deste trabalho, por qualquer meio convencional ou eletrônico, para fins de estudo e pesquisa, desde que citada a fonte.

CATALOGAÇÃO-NA-PUBLICAÇÃO

(Universidade de São Paulo. Escola de Artes, Ciências e Humanidades. Biblioteca)

Misailidis Lerena, Maria Laura

Estudo multidisciplinar da evolução ambiental do Reservatório de Salto Grande, Americana, SP, a partir de análises de *multiproxies* geoquímicos, de magnetismo ambiental e biológicos (Tecamebas) / Maria Laura Misailidis Lerena ; orientadora, Wânia Duleba. – São Paulo, 2016

268 f. : il

Dissertação (Mestrado em Ciências) - Programa de Pós-Graduação em Sustentabilidade, Escola de Artes, Ciências e Humanidades, Universidade de São Paulo
Versão corrigida

1. Reservatórios - Aspectos ambientais - Americana (SP). 2. Reservatórios - Análise - Americana (SP). 3. Deposição de sedimentos. I. Duleba, Wânia, orient. II. Título

CDD 22.ed. – 577.063

Dissertação de autoria de Maria Laura Misailidis Lerena, sob o título " Estudo multidisciplinar da evolução ambiental do Reservatório de Salto Grande, Americana, SP, a partir de análises de *multiproxies* geoquímicos, de magnetismo ambiental e biológicos (Tecamebas)", apresentada à Escola de Artes, Ciências e Humanidades da Universidade de São Paulo, para obtenção do título de Mestre em Ciências pelo Programa de Pós-graduação em Sustentabilidade, na área de concentração Ciência e Tecnologia Ambiental, aprovada em 3 de outubro de 2016 pela comissão julgadora constituída pelos doutores:

Profa. Dra. Wânia Duleba

Presidente

Instituição: Escola de Artes, Ciências e Humanidades, USP

Prof. Dr. José Eduardo Bevilacqua

Instituição: CETESB

Profa. Dra. Rosalinda Carmela Montone

Instituição: Instituto Oceanográfico, USP

Profa. Dra. Christine Laure Marie Bourotte

Instituição: Instituto de Geociências, USP

Com todo meu amor dedico este trabalho a razão da minha vida, meus filhos, Nadejda, Nicolás, Frederico, Camila e Laurita, e minhas lindas noras Fernanda Helena e Daniele, a Helenita a flor que alegria os nossos dias, a meu grande amor e companheiro Pedro pelo seu amor, incentivo e, apoio incessante. Aos meus amados pais Mirta e Sergio que me ensinaram a grandeza do conhecimento e aos meus queridos irmãos Rosário, Jorge, Gabriel, Álvaro, Enrique, Marcelo, Alejandra e Adrian.

E a minha querida prima Silvia Drews

Agradecimentos

Inicialmente gostaria de agradecer muitíssimo a Profa. Dra. Wânia Duleba, pela pessoa maravilhosa e companheira. Obrigada pela orientação e pela oportunidade que me ofereceu para desenvolver um projeto de pesquisa na área de sustentabilidade, oportunidade que me ingressou no mundo acadêmico o qual projetou um horizonte amplo que sempre almejei alcançar. Agradeço também pela confiança depositada em mim, pela liberdade no trabalho, ao carinho e, que mesmo nos períodos que estive longe do Brasil, sempre foi solícita.

Quero agradecer muitíssimo a valiosa colaboração e orientação em Magnetismo Ambiental do Prof. Dr. Gelvam A. Hartmann (UNICAMP), que contribuiu para o enriquecimento do trabalho. A Dra. Daniele Brandt (IAG-USP) pelo aprendizado e colaboração nas realizações das análises geomagnéticas.

Agradeço a valiosa contribuição e colaboração do Dr. Rodrigo Lucena (EACH-USP) na coleta e análises de magnetismo ambiental.

Com muito carinho quero agradecer a Profa. Dra. Christine L. M. Bourotte (IGc-USP) pela sua rica colaboração durante o Exame de Qualificação, apoio e pelas excelentes aulas.

Especial agradecimento ao Prof. Dr. Paulo C. Giannini e Profa. Dra. Ana Maria Góes (IGc-USP) pelas excelentes aulas de Minerais Pesados, pela colaboração em ceder o Laboratório de Sedimentologia para realizar as análises granulométricas. Gostaria de agradecer muitíssimo pela colaboração, ensinamento das práticas metodológicas e a amizade a Elaine Sinfroni e a Jordana Acuña Zampelli.

Ao Eng. Dr. Carlos Roberto dos Santos (Diretor de Engenharia e Qualidade Ambiental CETESB), Dr. José Eduardo Bevilacqua (Diretoria de Avaliação de Impacto Ambiental - CETESB) e Dr. Francisco Jorge Ferreira (Setor de Química Inorgânica, CETESB) pelas análises de cádmio. Em especial gostaria de agradecer ao Dr. José Eduardo Bevilacqua pelas valiosíssimas sugestões e correções no texto.

Ao Prof. Dr. Rubens Figueira (IO-USP) pela colaboração em ceder os laboratórios para abertura do testemunho e por permitir que as análises dos elementos traço pudessem ser realizadas no seu laboratório. Também agradeço ao Dr. Alexandre Salaroli (IO-USP) pela colaboração na conclusão das análises e ao Dr. Paulo A. L. Ferreira e ao Elvis (IO-USP).

A Profa. Dra. Rosalinda Montone (IO-USP) pela colaboração nas análises de organoclorados e pelas sugestões que enriqueceram o trabalho. A Profa. Dra. Satie Taniguchi (IO-USP) pelas análises de organoclorados e HPAs.

Ao muito querido colega e amigo Leonardo A. Pregnotato (EACH-USP) sempre solícito. À Camila Passos pela ajuda no tratamento das amostras. À Patricia J. Viana pela colaboração e apoio no trabalho de campo.

Aos Professores Doutores. Renato Campello Cordeiro, Luciane Silva Moreira e Wilson Machado da Universidade Federal Fluminense pelas contribuições nas análises de traçadores químicos. Ao técnico Leandro pela grande ajuda na realização das análises e aos colegas Rut, Manuel Moreira e Alexander Perez Segovia.

Em especial, gostaria de agradecer ao Dr. Martino Giorgioni (IO-USP), e ao Prof. Dr. Décio Luis Semenssato (UNIFESP) pela sua colaboração e apoio nas análises realizadas na coleta do testemunho e ao oceanógrafo Rodolfo Jasão pelos trabalhos de mergulho na retirada dos testemunhos.

Aos Professores Doutores Mariko Ueno e Marcelo Pereira (EACH-USP) pelas primeiras e maravilhosas aulas de ensino em metodologia científica.

Aos Professores Doutores Sergio Pacca, Waldir Mantovani, Cristiano M. Chiessi, Regina Maura Miranda, Cristiano Lenzi e Paulo Almeida pelas aulas e introdução a ciência da Sustentabilidade e ensinamentos em política ambiental.

Agradecimento especial estendido aos funcionários das bibliotecas do EACH-USP, do IGC-USP, IO-USP e IAG-USP, muito obrigada.

Ao Presidente do Barco Escola de Americana, Sr. João Carlos Pinto pela grande colaboração e apoio no processo da logística no trabalho de campo tão fundamental nessas horas.

Ao secretário do Meio Ambiente da prefeitura de Americana Sr. Jonas Santarosa pela sua colaboração no fornecimento de material dos trabalhos ecológicos realizados no município.

E finalmente gostaria de fazer um amplo agradecimento estendido a todos os autores referenciados no presente trabalho, que tornaram possível a sua realização.

A ciência e a pesquisa são uma incessante indagação a procura de respostas.
Muitas vezes alcançá-las parece utopia

*Utopia está lá no horizonte me aproximo dois passos, ela se afasta dois passos.
Caminho dez passos e o horizonte corre dez passos. Por mais que eu caminhe,
jamais alcançarei. Para que serve a utopia? Serve para isso: para que eu não deixe
de caminhar.*

Eduardo Galeano

Resumo

Misailidis Lerena, Maria Laura. **Estudo multidisciplinar da evolução ambiental do Reservatório de Salto Grande, Americana, SP, a partir de análises de *multiproxies* geoquímicos, de magnetismo ambiental e biológicos (Tecamebas)**. 2016. 268f. Dissertação (Mestrado em Ciências) – Escola de Artes, Ciências e Humanidades, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2016.

A presente dissertação é um estudo da evolução ambiental do Reservatório de Salto Grande (RSG), Americana, SP, realizado a partir de análises granulométrica, geomagnética, geoquímica (especialização fósforo e carbono, elementos traço, compostos organoclorados e hidrocarbonetos aromáticos policíclicos) e biológica (tecamebas) de amostras de um testemunho sedimentar de 233 cm. Com base nos resultados obtidos, foi possível: 1) avaliar a toxicidade dos sedimentos, de acordo com os valores-guia de qualidade de sedimentos (VGQS) TEL e PEL, fator de enriquecimento (EF) e índice de geoacumulação (Igeo) e 2) identificar cinco fácies sedimentares, ao longo do testemunho. Fácies 1, situada na base do testemunho, é constituída por lama, com baixas concentrações de elementos traço, compostos organoclorados e HPAs, presença de material radicular e ausência de tecamebas. Essa sequência sedimentar pode ser atribuída às unidades de solos e sedimentos depositados na planície aluvial do Rio Atibaia e representa a fase Pré-reservatório. A partir de 177 cm de profundidade rumo ao topo, passam ocorrer mais quatro fácies, indicativas dos 65 anos de existência do RSG. A Fácies 2 (transição de solo e início do reservatório) caracteriza-se pela presença de lama, com tênue estratificação plana paralela e surgimento de tecamebas (*Arcella gibbosa*, *A. megastoma*, *Diffflugia corona*, *D. oblonga*, *D. gramen* e *Centropyxis discoide aculeata*). Nessa fácies não foram detectados sedimentos contaminados, segundo VGQS. Contudo, foi constatado aumento expressivo de HPAs, provavelmente relacionado a queimadas ocorridas no entorno do reservatório. Fácies 3 (Reservatório) é marcada por sucessão de camadas de lama escura, intercaladas com lama clara, associadas às variações sazonais de produtividade do reservatório. Na porção final da Fácies 2 e toda a Fácies 3, ocorrem as maiores concentrações dos elementos traço (principalmente Cu, e Cr), parâmetros geomagnéticos, PCBs, DDT e HPAs, bem como o primeiro e maior declínio das populações de tecamebas. Nessa fácies 3 os VGQS indicam a presença de sedimentos fortemente contaminados. Fácies 4 continua a apresentar sucessão de camadas escuras e claras, contudo, as concentrações dos elementos traço, parâmetros geomagnéticos, PCBs, DDT e HPAs diminuem sensivelmente e os valores de densidade e diversidade das tecamebas aumentam. Valores de Cu diminuem mas, continuam expressivos, indicando sedimentos contaminados. As oscilações da concentração de Cu podem estar relacionadas ao uso de algicidas à base de CuSO_4 , que são utilizados no RSG para controlar a floração de cianobactérias e macrófitas. Fácies 5, correspondente ao período mais recente da história do RSG, caracteriza-se pela presença de lama preta, contaminada por Cu, pobre em tecamebas e baixas concentrações de DDT e HPAs. As curvas de evolução dos fluxos de fósforo inorgânico, Mn e Zn apresentaram forte similaridade com as curvas de crescimento demográfico da cidade de Americana e com as variações do regime de chuvas local. Estes resultados sugerem que as variações do aporte de nutrientes no reservatório encontram relação direta com as mudanças no escoamento de água pluvial na bacia de drenagem do Atibaia e com os influxos industriais e domésticos no RSG.

Palavras-chave: Tecamebas, elementos traço, DDT, PCBs, HPAs, magnetismo ambiental, testemunho sedimentar, Reservatório Salto Grande.

Abstract

Misailidis Lerena, Maria Laura. **Multidisciplinary study of the environmental evolution of the Salto Grande Reservoir, Americana, SP, from analysis of geochemical multiproxies, environmental magnetism and thecamoebians**. 2016. 268 p. Dissertation (Master of Science) – School of Arts, Sciences and Humanities, University of São Paulo, São Paulo, 2016.

This work presents an environmental evolution of the Reservatório de Salto Grande (RSG), Americana, accomplished through the grain-size, geochemical (phosphorous, carbon, trace elements, organochlorines and polycyclic aromatic hydrocarbons), and biological (thecamoebians) analyses from sample of a sediment core. Based on the results it was possible to: 1) evaluate the sediments according to the Sediment Quality Guideline Values for metals and associated (SQGV), enrichment factors, and geoaccumulation index and 2) identify five sedimentary facies through the core. Facies 1 located at the base of the core is composed of muddy sediments with low concentrations of trace elements, organochlorines and PAHs, presence of small trees roots and absence of thecamoebians. This sedimentary sequence could be attributed to soil units and sediments deposited in the alluvial basin of the Atibaia river and represents the pre-reservoir succession. From 177 cm through the top of the core more 4 facies are identified, all correlated with the time span of 65 years since the inundation of the RSG. Facies 2 (transition between soil portion and the reservoir inundation) is characterized by the presence of a homogeneous mud and a thin parallel planar stratification and by the appearance of thecamoebians (*Arcella gibbosa*, *A. megastoma*, *Diffugia corona*, *D. oblonga*, *D. gramen*, *Centropyxis discoide aculeata*). In this facies no contaminants were registered according to SQGV standards. But a high concentration of PAHs was detected possibly indicative of vegetation burning. Facies 3 (Reservoir) is marked by a succession of dark mud interleaved by whitish mud likely associated to seasonal variation of primary productivity in the reservoir. At the top portion of facies 2 and the whole extension of facies 3 were found the highest concentration of trace elements (Cu, and Cr), geomagnetic parameters, PCBs, DDT and PAHs, and the first and major decline of thecamoebians populations. In this facies SQGV are indicative of highly contaminated sediments. Facies 4 continuously shows the same succession of mud and the concentrations of trace elements, geomagnetic parameters, PCBs, DDT and PAHs show a sensitive decrease, and the values of richness and abundance of thecamoebians show an increase. Although the values of Cu diminish, they still remain expressive, indicative of sediment contamination. The oscillations of Cu concentrations may be related to the use of algacides composed of CuSO_4 in order to control populations of cyanobacteria and macrophytes. Facies 5 corresponds to the last centimeters of the core and to recent periods of the history of RSG, characterized by the presence of a black mud contaminated with Cu poor in species of thecamoebians and low concentrations of PCBs, DDT and PAHs. The curves of inorganic phosphorous, Mn and Zn showed a similar pattern to the curves of demographic growth and rain fall in the city of Americana. These results suggest that the variations of nutrients income are related to the change in water flow regimes in the Atibaia river watershed and to industrial and domestic input in the RSG.

Keywords: thecamoebians, trace elements, DDT, PCBs, PAHs, environmental magnetism, Sedimentary core, Salto Grande Reservoir.

Lista de Figuras

Figura 1 - Vista aérea do Reservatório Salto Grande. Fonte: ONG. Barco Escola.....	29
Figura 2 - Mapa de localização do Reservatório de Salto Grande no contexto das bacias hidrográficas do estado de São Paulo: Fonte: Agência das Bacias do PCJ (http://www.agenciapcj.org.br/).....	30
Figura 3 - Mapa do Rio Atibaia descrevendo a constituição litoestratigráfica no curso que percorre..	31
Figura 4 - Mapa do tipo de solo no entorno do reservatório Salto Grande. Fonte FONSECA, 2014...	34
Figura 5 - Série histórica de precipitação de chuva na região do reservatório de Salto Grande, Americana-SP. A barra horizontal vermelha representa a média anual de 1300 mm. Fonte: Agência Nacional de Águas (ANA).....	38
Figura 6 - Médias das precipitações mensais no período entre 1937-2014 Americana, SP.....	40
Figura 7 - Dados das médias mensais da vazão do Rio Atibaia (medidas tomadas na UGRHI D4-005) no período de 2000 a 2014. Fonte: DAEE-USP (Departamento de Água e Energia Elétrica).....	41
Figura 8 - Mapa da ocupação do entorno do Reservatório Fonte: FONSECA & MATIAS (2014).....	43
Figura 9 - A) Mata ciliar restaurada, lado direito do Reservatório. B) Área urbana no entorno, lado esquerdo. C) Vegetação nativa remanescente, lado direito. D) Área agrícola no entorno na margem direita, E) Cariniana estrellensis (jequitibá-branco) F) Chorisia speciosa (paineira).Fonte: próprio autor	44
Figura 10 - Espécie aquática predominantes no Reservatório Salto Grande. A) (Macrófitas predominantes <i>Eichhornia crassipes</i> (aguapé), B) <i>Pistia stratiotes</i> (alface d'água), C) <i>Salvinia auriculata</i> (Micheli) Adams (orelha de rato), D) <i>Hedychium coronarium</i> Koenig (lírio do brejo), E) <i>Polygonum</i> spp, np: erva do bicho e F) Presença de gramíneas. Fonte: TAVARES et al. (2004). Imagens: https://www.pinterest.com/pin , último acesso 7/4/2015.....	46
Figura 11 - Crescimento demográfico do município de Americana SP, onde se situa o Reservatório Salto. Fonte: IBGE Censo demográfico 2010.....	50
Figura 12 - Classificação de contaminantes químicos em 5 faixas de qualidade.....	62
Figura 14 - Estruturas moleculares de pesticidas organoclorados.....	77
Figura 15 - Representação gráfica da estrutura química da molécula de bifenila policloradas PCB, indicando as possíveis substituições do átomo de cloro.....	78
Figura 16 - Hidrocarbonetos Policíclicos Aromáticos (HPAs) prioritários em estudos ambientais de acordo com a Agência de Proteção Ambiental dos Estados Unidos (USEPA 2000).....	80
Figura 17 - Estrutura química de estrogênios naturais e sintéticos.....	80

Figura 18 - Representação esquemática dos diferentes mecanismos de formação de adutos entre PHAs e DNA. Fonte: NETO et al. (2002).....	81
Figura 19 - Classificação de protistas segundo ADL et al. 2012. Observar o novo grupamento para Amoebozoa e SAR (Rhizaria, Alveolata, Rhizaria).....	86
Figura 20 - Divisão assexuada por fissão binária da tecameba <i>Euglypha</i> sp.....	92
Figura 21 - Mapa demonstrativo dos pontos de coleta.....	104
Figura 22 – As imagens de A-D descrevem o procedimento da coleta do testemunho sedimentar do Reservatório de Salto Grande Americana SP. A – introdução do tubo amostrador no ponto de coleta; B – retirada do testemunho; C – retirada da camada nefelóide; D – colocação de uma camada de espuma para evitar movimentação dos sedimentos e contaminação entre as camadas. Fonte: próprio autor.....	106
Figura 23 - Ilustração das etapas da coleta de água. Da esquerda para a direita: 1) preparação da garrafa Van Dorn para coleta de água; 2) Mergulho da garrafa Van Dorn; 3) retirada da garrafa coletora e armazenamento da água coletada; 4) medições de parâmetros físico-químicos da água (pH, potencial redox e condutividade).....	107
Figura 24 – Procedimentos para abertura e coleta dos sedimentos do Testemunho para análises de magnetismo Ambiental: 1 – corte da sessão transversal do testemunho com auxílio de serra de disco; 2 – separação dos sedimentos com auxílio de um fio de nylon; 3-4 – separação das duas metades do testemunho; 5 – 6 – Imagens do testemunho aberto; 7-8 – Amostragem de sedimentos para magnetismo ambiental.....	110
Figura 25 –Conjunto do granulômetro Malvern Mastersizer 2000 analisador granulométrico do laboratório de Sedimentologia do IGc-USP.....	112
Figura 26 - Fluxograma de digestão parcial dos sedimentos em base no protocolo.....	114
Figura 27 - Imagens de 1-3 ilustram as etapas da preparação das amostras para posterior análise da microfauna bentônica Tecamebas. 1) separação das porções de sedimentos para análises da microfauna com acréscimo de álcool 70%. 2) peneiramento prévio dos sedimentos em de malha entre 0,500 mm e 0,062 mm.3) análises do material em microscópio estereoscópico com aumento de 100x124	
Figura 29 - Porcentagem de umidade do perfil sedimentar do testemunho do RSG.....	133
Figura 30 - Médias das porcentagens das faixas granulométricas das amostras analisadas do perfil sedimentar do RSG.....	134
Figura 31 - Análise de Componentes Principais da análise granulométrica medida do testemunho do ponto 1 do RSG.....	135
Figura 32 - Curva de variação de granulometria do testemunho do Ponto 1 do RSG. A linha tracejada em laranja separa as fases pré-reservatório das fases reservatório.....	136

Figura 33 - Curva de variação das concentrações de carbono orgânico e inorgânico dos sedimentos do RSG: a) comparação entre as concentrações relativas de carbono total (CT), carbono orgânico (CO) e carbono inorgânico (CI); b) detalhe das variações de CI e CO	139
Figura 34 - Curva das concentrações de Fósforo total (PT), Fósforo inorgânico (PI) e Fósforo orgânico (PO). A linha tracejada em laranja marca o início da Fase reservatório.....	141
Figura 35 - Comparação entre a curva de concentração de P inorgânico (PI) no Reservatório de Salto Grande e a curva de crescimento populacional do município de Americana-SP. A curva em cinza claro representa os dados brutos de PI e a curva em preto a série de média móvel.....	142
Figura 36 - Série de elemento-traço medidos no RSG. A barra em azul e salmão destaca o período que ocorre aumento nos valores das concentrações de Cu. Para melhor distinção dos intervalos de anomalia, nas série de Fe e Sc as barras foram coloridas de acordo com a cor de sua série respectiva. A linha laranja tracejada marca a transição da Fase Pré-reservatório para a Fase Reservatório.....	147
Figura 37 - Série de anomalia das concentrações de metais. A linha vermelha tracejada representa o valor de referência para anomalia positiva, inferido como igual ao desvio padrão. As barras cinzas marcam as excursões de anomalia positiva, i.e, quando o valor da anomalia excede o valor de um desvio padrão. A barra em cinza escuro conecta uma excursão positiva de Zn às séries de anomalia de outros metais. A linha tracejada em laranja marca a transição entre as fases Reservatório I (162-140 cm) e Reservatório II (140 – 8 cm).....	148
Figura 38 - Comparação entre os valores de brutos de metais determinados no testemunho do RSG com o Índice de Fator de Contaminação (FC).....	152
Figura 39 - Representação dos valores de IGEO das concentrações dos elementos traço analisados no testemunho RSG.....	155
Figura 40 - Série de metais do RSG normalizadas por Sc.....	156
Figura 41 - Comparação entre a série de dados brutos e a série normalizada por Sc dos metais do RSG. A linha tracejada em laranja representa o início da Fase Reservatório. As barras cinza claro marcam os picos de anomalia calculadas para a série de dados brutos.....	157
Figura 42 - Quadro comparativo das curvas dos elementos As, Cd, Cr, Cu, Ni e Pb em concentrações mg/kg.....	160
Figura 43 - Curva do crescimento demográfico acompanhada pelas curvas das concentrações de PI (%), Mn e Zn mg/kg.....	162
Figura 44 - Curva do crescimento demográfico acompanhada pelas curvas das concentrações de PI (%) e Precipitações.....	163
Figura 45 - Paralelo das Curvas formadas por Concentrações das Σ HPAs, Σ PCBs e p,p'DDE.....	165

Figura 46 - Susceptibilidade magnética do testemunho do RSG.....	170
Figura 47 - Curvas de Argila com Susceptibilidade Magnética.....	171
Figura 48 - Curva da Magnetização Remanente Natural (Am2/kg)do testemunho sedimentar do RSG.....	173
Figura 49 - Magnetização remanescente natural do testemunho sedimentar do RSG.....	174
Figura 50 - Curva da Razão S (MRI300/ MRI900) da Magnetização Remanente Isotérmica dos sedimentos do testemunho do RSG.....	175
Figura 51 –Razão-S (MRI300/MRI900) do testemunho sedimentar do RSG.....	176
Figura 52 - Magnetização remanente anisterética do testemunho sedimentar do RSG.....	177
Figura 53 - MRA (Am2/kg) correlação com porcentagem de Argila (%).....	178
Figura 54 - Susceptibilidade magnética e elementos que apresentaram maior correlação de Pearson do testemunho sedimentar do RSG. A área hachurada indica o intervalo de maior anomalia.....	181
Figura 55 - Magnetização remanescente natural e elementos que apresentaram maior correlação de Pearson do testemunho sedimentar do RSG. A área hachurada indica o intervalo de maior anomalia.....	181
Figura 56 - Magnetização remanescente isotérmica e elementos que apresentaram maior correlação de Pearson do testemunho sedimentar do RSG. A área achureada indica o intervalo de maior anomalia. Linha vertical contínua representa a média das concentrações de metais.....	182
Figura 57 - Magnetização remanescente anisterética e elementos que apresentaram maior correlação de Pearson do testemunho sedimentar do RSG. A área hachurada indica o intervalo de maior anomalia.....	183
Figura 58 - Taxa de tecamebas encontradas nos sedimentos do RSG. A- <i>Arcella costata angulosa</i> . A1-A2, A3b e A4- <i>Arcella megastoma</i> . A5 e A6- <i>Arcella gibbosa</i> . A7 <i>Arcella</i> em fase reprodutiva. A8 taxa de <i>Arcella</i> , mostrando os diferentes tamanhos e morfotipos. C a C9 Taxa de <i>Centropyxis aculeata discoide</i> . C10 e C11 <i>Centropyxis ecornis</i> . C13 Taxon <i>Centropyxis</i> , mostrando os diferentes tamanhos e morfotipos da espécie. P- <i>Pontigulasia</i>	185
Figura 59 - D- <i>Diffflugia chaquensi</i> . D1- <i>Diffflugia capreolata</i> . D2- <i>Diffflugia oblonga</i> . D3 e D4- <i>Diffflugia corona</i> . D5- <i>Diffflugia ecornis</i> . D6- <i>Lesquereusia globulosa</i> . D7- <i>Diffflugia oblonga</i> . D8- <i>Diffflugia urceolata</i> . D9- <i>Diffflugia oblonga capreolata*</i> . D10-Taxa <i>Diffflugia</i> . N e N1- <i>Netzelia oviformis</i> . N2 e 3- <i>Netzelia wailesi</i>	186
Figura 60 - Diagrama representativo da abundância dos gêneros de tecamebas, presente no testemunho sedimentar.....	187
Figura 61 . Testemunho sedimentar do reservatório de Salto Grande.....	189
Figura 62 - Distribuição das principais espécies de tecamebas por faixa de profundidade dos sedimentos (Fácies) no testemunho.....	190

Figura 63 - Variação do número de Espécimes e Taxa em função da profundidade.....	191
Figura 64 - Curvas das médias dos índices de riqueza (taxa), densidade (indivíduos. -10cc), diversidade de Simpson, riqueza de Margalef por fácies. Fácies2 (177-154 cm), Fácies 3 (154-94 cm), Fácies 4 (94-34 cm), Fácies5 (34-0 cm).....	192
Figura 65 - Representação das concentrações dos elementos traço com a abundância de tecamebas	193
Figura 66 - Diagrama de ordenação das espécies de tecamebas do testemunho RGS, produzido pela análise de Análise Correspondência Canônica.....	195
Figura 67 - NMDS (Gower) Índices de diversidade, N° de Espécimes e Taxa por profundidade.....	197
Figura 68 –Curva de Shepard NMDS. Stress=0,06204.....	198
Figura 69 - Concentração do Fósforo Inorgânico e abundância de indivíduos de Tecamebas.....	199
Figura 70 - Concentração do Fósforo Orgânico e abundância de indivíduos de Tecamebas.....	200
Figura 71 - Concentração do Carbono Orgânico e abundância de indivíduos de Tecamebas.....	201
Figura 72 - Concentrações dos HPAs, PCBs e p,p'DDE (µg/kg) e abundância de Tecamebas.....	206
Figura 73 - Distribuição de taxa de tecamebas por fácies (Log2) e concentrações p,p'-DDE.....	207
Figura 74 - Compostos organoclorados (PCBs Totais, p-p'-DDE), HPAs Taxa de Tecamebas, nº Total de indivíduos e Índices de diversidade de Tecamebas por fácies sedimentares.....	208
Figura 75 – NMDS (Gower) considerando p,p'-DDE e PCBs totais como variáveis ambientais e espécies de Tecamebas como scores.....	209
Figura 76 - Curva de Shepard com o respectivo stress.Stress=0,09247	209

Lista de Tabelas

.Tabela 1 - Características físicas e capacidade hídrica e energética do Reservatório Salto Grande.	37
Tabela 2 - Distribuição do uso da terra no entorno do Reservatório Salto Grande.....	45
Tabela 3 - Principais atividades indústrias na Bacia do Rio Atibaia.....	52
Tabela 4 – Metais traço no Reservatório Salto Grande. Referências das concentrações (mg.L ⁻¹) de elementos traço, valores obtidos por TONISSI (1999), DORNFELD (2000) e FONSECA & MATIAS (2014). Valores em vermelho indicam as concentrações acima dos estabelecidos.....	53
Tabela 5 - Resolução CONAMA 357/2005.....	54
Tabela 6 - Escala granulométrica de Udden-Wentworth.....	58
Tabela 7 - Classificação de contaminantes em sedimentos de água doce.....	62
Tabela 8 -Elementos traço essenciais e sua participação nas enzimas.....	64
Tabela 9 - Emissões atmosférica de elementos traço em tonelada ano-1 (segundo SALOMONS & FÖRSTNER, 1984; NRIAGU,1979 e WIESEL,1981).....	66
Tabela 10 - Metais, suas fontes e efeitos tóxicos na saúde humana.....	71
Tabela 11 - Metais, suas fontes e efeitos tóxicos na saúde humana.....	72
Tabela 12 - Médias das concentrações de metais totais dos sedimentos secos avaliados em estudos preliminares no reservatório da RSG. Os valores em vermelho indicam teores acima do referencial estabelecido para a média mundial dos folhelhos e solos.....	75
Tabela 13 - Domínios de Eukariota e seus respectivos super grupos.....	87
Tabela 14 - Sinopse dos principais trabalhos com tecamebas em ambientes poluídos.....	103
Tabela 15 - Descrição das coordenadas geográficas do ponto amostral do testemunho RSG1	105
Tabela 16 - Comprimento de onda, LDM e LQM dos elementos analisados. * Determinação das concentrações de Cd realizado pela CETESB.....	116
Tabela 17 - Índice de Geoacumulação (IGEO) proposto por Müller 1979.....	118
Tabela 18 - Parâmetros físico-químicos da coluna d'água do ponto amostral do testemunho do RSG129	
Tabela 19 - Relação dos valores eigenvariância obtidas na PCA dos frações granulométricas dos sedimentos.....	135
Tabela 20 - Resumo dos resultados analíticos de carbono (C) nos sedimentos do RSG: C total (CT), C orgânico (CO) e C inorgânico (CI).....	138

Tabela 21 - Resumo dos resultados analíticos de fósforo (P) nos sedimentos do RSG: P total (PT), P orgânico (PO) e P inorgânico (PI).....	140
Tabela 22 A - Concentração dos elementos traço (mg/kg) presentes no testemunho RSG.....	145
Tabela 23 B -<0,5 Concentração dos elementos traço (mg/kg) presentes no testemunho RSG.....	146
Tabela 24 - Aplicação dos valores guias de qualidade dos sedimentos de acordo com a resolução Conama 454/2012 para o trecho entre 8 – 100 cm. (legenda pág 58).....	149
Tabela 25 - Aplicação dos valores guias de qualidade dos sedimentos de acordo com a resolução Conama 454/2012 para o trecho entre 100 – 148 cm.....	150
Tabela 26 - Valores de referência para o "background" do testemunho sedimentar do RSG.....	151
Tabela 27 - Fator de Contaminação (FC) os valores em vermelho representam contribuição antrópica.....	153
Tabela 28 - Matriz de correlação Pearson das variáveis Granulométricas com os parâmetros Magnéticos. Os resultados da porção superior direita da tabela indicam a probabilidade de não haver correlação e na porção inferior a esquerda o índice de correlação r.....	171
Tabela 29 - Matriz de Correlação de Pearson das variáveis das concentrações dos elementos analisados com os parâmetros magnéticos. Em vermelho são marcados os números acima de 0.5.....	180
Tabela 30 - Valores de densidade, riqueza/taxa (S), riqueza de Margalef, diversidade de Simpson e as espécies de tecamebas do testemunho RSG, coletado no reservatório Salto Grande, Americana, SP.....	184
Tabela 31 - Média dos valores de densidade, riqueza (S), riqueza de Margalef (DMg), diversidade de Simpson (1-D), diversidade taxonômica (Δ) e distinção taxonômica (Δ^*) das fácies sedimentares do testemunho RSG. Fácies 1 é estéril.....	192
Tabela 32 - Eixos, eigenvalues e porcentagens de explicação de variância dos eixos.....	194
Tabela 33 - Distribuição da riqueza e densidade nos eixos 1 e 2 da análise NMDS.....	196
Tabela 35 - Matriz de Correlação de Pearson das concentrações dos elementos traço (mg/kg) com abundância de Tecamebas (ind.-10cc).....	202
Tabela 36 - Matriz de Correlação de Pearson dos parâmetros magnéticos com abundância e riqueza.....	203
Tabela 37 - Compostos organoclorados (PCB, DDT), HPAs, frequência absoluta das espécies de tecamebas e seus respectivos índices ecológicos do testemunho RSG. Cor lilás - Maiores concentrações de pesticidas e primeiro declínio de densidade e riqueza das tecamebas. Azul claro - Valores de densidade e riqueza relativamente elevados. Vermelho claro - Segundo declínio das tecamebas. Vermelho escuro - maiores densidades de tecamebas. Verde claro - Maiores valores de diversidade.....	204

Tabela 38 - Matriz de correlação de Pearson entre espécies de tecamebas e pesticidas, PCBs e HPAs. Em vermelho - correlações estatisticamente significativas.....	205
Tabela 39 - Distribuição de p.p'-DDE e PCBs Totais nos eixos 1 e 2 de NMDS.....	209

LISTA DE ABREVIATURAS

ANA-----	Agência Nacional de Águas
AP-----	Antes do Presente
APP-----	Área de Proteção Ambiental
βHCH-----	βHexaclorociclohexano
CCME -----	Conselho Canadense do Meio Ambiente
CD-----	Corrente Direta
CETESB ----	Companhia Ambiental do Estado de São Paulo
CFCs -----	Clorofluorcarbonos
CI-----	Carbono Inorgânico
CO-----	Carbono Orgânico
CONAMA --	Conselho Nacional de Meio Ambiente
CPFL-----	Companhia Paulista de Força e Luz
CT-----	Carbono Total
DBO-----	Débito Biológico de Oxigênio
EACH-USP--	Escola de Arte Ciência e Humanidades da Universidade de São Paulo
EC -----	Era Comum (em referência aos anos do calendário Cristão)
EDTA -----	Etileno Diamino Tetra-acético
FC-----	Fator de Contaminação
GC/MS-----	Cromatografia de Gás/Espectrômetro de Massa
GC-ECD-----	Cromatografia de Gás- com Dectetor de Captura de Elétrons
GPS -----	Sistema de Posicionamento Global
HPAs-----	Hidrocarbonetos Aromáticos Policíclicos
IAG-USP----	Instituto de Astronomia Geofísica e Ciências Atmosférica de Universidade de São Paulo
ICPOES-----	Espectrometria emissão óptica com plasma indutivamente acoplado
ICPOES-----	Espectroscopia de Emissão Óptica de Plasma Indutivamente Acoplado
IE-----	Interferentes Endócrinos

IGC-USP----Instituto de Geociência de Universidade de São Paulo
IOUSP-----Instituto Oceanográfico da Universidade de São Paulo
IPT-----Instituto de Pesquisa Tecnológica do Estado de São Paulo
LD-----Limite de Detenção
LDM-----Método de Limite de Detenção
LQD-----Método Limite de Quantificação
MRA-----Magnetização Remanente Anisterética
MRI-----Magnetização Remanente Isotérmica
MRN-----Magnetização Remanente Natural
mV-----Potencial Redox
MW-----Mega Watt
NW-SE-----Noroeste- Sudeste
PBs -----Bifenilas policloradas
PCBs-----Bifenilas policloradas
PCJ-----Piracicaba Capivari Jundiaí
PCoA-----Análises de Coordenada Principal
PDPR-----Plano de Desenvolvimento Pós Represa
PEL -----(sigla em inglês *probable effect level*)
pH-----Potencial hidrogeniônico
PI-----Fósforo Inorgânico
POCs -----Poluentes. Organoclorados
PO-----Fósforo Orgânico
POPs-----Poluentes Orgânicos Persistentes
ppm-----Parte por milhão
ppb-----Parte por bilhão
PT-----Fósforo Total
REPLAN-----Refinaria de Petróleo de Paulínia
RSG -----Reservatório de Salto Grande
SIM-----Monitoramento Individual de Íons
SM-----Susceptibilidade Magnética
TEL -----(sigla do inglês *threshold effect level*)
UFF-----Universidade Federal Fluminense

US-EPA-----Agência de Proteção Ambiental Estados Unidos

VGQS-----Valor Guia de Qualidade de Sedimentos

VSR-----Valor Sem Referência

ZCAS -----Zona de Convergência do Atlântico Sul

ZCAS-----Zona de convergência do Atlântico Sul

μS-----Condutividade

SUMÁRIO

ca1. Introdução.....	23
1.2 Justificativa.....	25
1.3 Objetivos.....	26
1.3.1 Objetivo geral.....	26
1.3.2 Objetivos específicos.....	27
2. Meio físico do Reservatório de Salto Grande.....	28
2.1 Área de estudo: geologia, geomorfologia e pedologia da área do Reservatório de Salto Grande.....	28
2.2 Aspectos físicos do Reservatório de Salto Grande.....	35
2.3 Características Climáticas.....	38
2.4 Vegetação e ocupação do entorno.....	41
3.1 Histórico do Reservatório de Salto Grande.....	48
4. Fundamentação Teórica.....	57
4.1 Sedimentos: atributos e conceitos.....	57
4.2 Critérios de Avaliação da Qualidade dos Sedimentos.....	61
4.3 Elementos traço.....	62
4.3.1 Elementos Traço: do Meio aos Sedimentos.....	64
4.3.2 Toxicidade dos Elementos Traço.....	69
4.4. Sedimentos do Reservatório Salto Grande.....	73
4.5. Elementos traço nos sedimentos do RSG.....	74
4.4 Pesticidas Organoclorados (POCs).....	75
4.6 Bifenilas Policloradas (PCBs).....	78
4.7 Hidrocarbonetos Aromáticos Policíclicos (HPAs).....	79
4.8 Magnetismo Ambiental.....	82
4.8.1 Susceptibilidade Magnética (χ).....	83
4.8.2 Magnetização Remanente Natural (MRN).....	83
4.8.3 Magnetização Remanente Isotérmica (MRI).....	84
4.8.4 Magnetização Remanente Anisterética (MRA).....	84
4.9 Tecamebas.....	85
4.9.1 Conceito de espécies em Tecamebas.....	88
4.9.2 Biologia.....	90
4.9.3 Ecologia.....	92

4.9.4 Interações Ecológicas.....	95
4.9.5 Flutuações Populacionais.....	98
4.9.6 Bioindicadores.....	99
5.0 Materiais e Métodos.....	104
5.1 Ponto de coleta.....	104
5.2 Coleta do Testemunho.....	105
5.3 Análise físico-química coluna d' água.....	106
5.4 Preparação das Amostras para análises.....	107
5.5 Análises granulométricas.....	110
5.6 Análises Químicas dos sedimentos.....	112
5.6.1 Limites de Detecção e Quantificação.....	115
5.6.2 Tratamento dos Dados.....	116
5.6.3 Avaliação da qualidade dos sedimentos (Valores Guias da Qualidade dos Sedimentos) dos elementos traço.....	117
5.6.4 Fator de contaminação (FC) e Igeo, baseado em elementos traço.....	117
5.6.5 Normalização por Escândio (Sc).....	119
5.7 Determinações de Carbono (C) e Fósforo (P) dos sedimentos.....	119
5.8 Determinações de Bifenilas policloradas, pesticidas Organoclorados e Hidrocarbonetos Aromáticos.....	120
5.9 Análise Magnetismo Ambiental.....	122
5.10 Métodos - Análise Faunística de Tecamebas no Testemunho.....	124
5.10.1 Tratamentos de dados- Índices Ecológicos.....	125
5.10.2 Tratamentos de dados - Análises multivariadas.....	127
6 Resultados.....	129
6.1 Parâmetros ambientais e físico-químicos da área de coleta.....	129
6.2 Fácies sedimentares.....	129
6.3 Teor de Umidade.....	132
6.4 Análises granulométricas dos sedimentos.....	133
6.5 Carbono nos sedimentos.....	137
6.6 Fósforo nos sedimentos.....	139
6.7 Determinações de metais nos sedimentos.....	142
6.8 Matriz de correlação de Pearson (Elementos traço e Granulometria).....	143
6.9 Avaliação de índices de qualidade dos sedimentos.....	149
6.9.1 Valores Guias da Qualidade dos Sedimentos (VGQS).....	149
6.9.2 Fator de contaminação (FC).....	150

6.9.3 Índice de Geoacumulação (I _{GEO}).....	154
6.10 Avaliações preliminares dos fluxos de nutrientes e metais.....	158
6.10.1 Nutrientes do RSG.....	158
6.10.2 Evolução dos fluxos de metais no RSG.....	158
6.11 Análises de Hidrocarbonetos Aromáticos, pesticidas Organoclorados e Bifenilas policloradas.....	163
6.11.1 Hidrocarbonetos Aromáticos Policíclicos (HPAs).....	163
6.11.2 Pesticidas Organoclorados (POCs).....	164
6.11.3 Bifenilas Policloradas (PCBs).....	164
6.12 Avaliações da Qualidade dos Sedimentos do Testemunho RSG em relação aos HPAS, POCS e PCBs.....	165
6.13 Magnetismo Ambiental.....	169
6.13.1 Susceptibilidade Magnética (SM).....	169
6.13.2 Magnetização Remanente Natural (MRN).....	172
6.13.3 Magnetização Remanente Induzida (MRI).....	174
6.13.4 Magnetização Remanente Anisterética (MRA).....	176
6.13.5 Avaliação da relação entre Parâmetros Magnéticos e Elementos Traço.....	178
6.14 Tecamebas.....	183
6.14.1 Padrão de distribuição das tecamebas e seus índices ecológicos.....	183
6.14.2 Padrão de distribuição das médias dos valores dos índices ecológicos, das fácies sedimentares do testemunho RSG.....	191
6.14.3 Análise de Correspondência Canônica (ACC).....	193
6.14.4 Análise Multivariada de Escalação Multidimensional Não Métrica (NMDS).....	196
6.14.5 Correlação entre tecamebas e traçadores químicos (nutrientes elementos traço, pesticidas organoclorados e hidrocarbonetos-HPAs).....	198
7 Discussões e Considerações Finais.....	210
7.1 Discussão Final.....	210
7.2 Considerações Finais.....	217
8 Referências Bibliográficas.....	220
ANEXOS.....	243

1. INTRODUÇÃO

Paralelamente ao desenvolvimento da agricultura e do pastoreio na nossa civilização, surgiu a preocupação com o abastecimento de água nos assentamentos humanos, devido à demanda de fornecimento contínuo de água para irrigação e manutenção das comunidades. Foi neste contexto que surgiram os primeiros reservatórios de água, principalmente em regiões que apresentavam periodicidades de estiagem. Os mais antigos datam de 5000 anos antes do presente (AP), com o uso de crateras de vulcões extintos como reservatórios para a irrigação, na atual Arábia Saudita (SMITH, et al. 2006). Há também outros registros da construção de reservatório e de técnicas de gestão da água durante a Antiguidade, em Girnar, na Índia (3000 anos AP) e na Grécia (2500 anos AP) (RODDA & UBERTINI, 2004; WILSON & WILSON, 2005).

Com a revolução industrial os reservatórios adquiriram mais uma função, além de fornecer água para atividade agropecuária e abastecimento de novas cidades, passaram prover para as indústrias e o transporte. Mais tarde, com o avanço da ciência e de novas tecnologias para produção de energia, os reservatórios passaram a ser construídos com a prioridade de fornecimento de energia hidroelétrica, como é o caso do Brasil, onde 95% da energia consumida são provenientes das hidroelétricas (CARVALHO, 1994; LEITE, 2004).

Em muitos locais onde os reservatórios foram construídos próximos a centros urbanos e, a sua presença, além de modificar a paisagem local, promoveu mudanças no uso do solo em seu entorno. A garantia de abastecimento de água diminuiu o risco na produção agropecuária, bem como aumentou o avanço das atividades industriais e a demanda por espaço físico. Esses fatores, invariavelmente acarretaram no aumento da densidade demográfica, levando a reestruturação da paisagem, que rapidamente adquiriu contornos urbanos. Esse novo panorama provocou mudanças nas características físico-químicas das águas e sedimentos dos reservatórios. O que antes transportava somente sedimentos provenientes da

INTRODUÇÃO E OBJETIVOS

lixiviação e erosão natural dos solos do entorno para a calha dos rios, agora concentra aditivos químicos usados na fertilização do solo e de nutrientes orgânicos oriundos do estrume, relativos à atividade agropecuária, acrescido de efluentes industriais e domésticos.

O conseqüente aumento da concentração de nutrientes eleva a atividade biológica nos corpos d'água que, por sua vez, gera a eutrofização e aumento da turbidez das águas. Em adição, o acúmulo de material particulado e dos organismos, que ao morrerem se acumulam no leito dos sedimentos, aumentam o assoreamento diminuindo a vida útil destes reservatórios (BONDURANT & LIVESSEY, 1973; LEITE, 2004; ESTEVES, 2011).

Sistemas aquáticos são reconhecidos por serem integradores dos processos naturais e antrópicos. Como sumidouros finais dos contaminantes tornam-se excelentes indicadores da interferência antrópica e impactos ambientais.

Os sedimentos podem ser considerados sumidouros de poluentes, sendo as argilas, por exemplo, as maiores trapeadoras de elementos químicos. Contudo, os poluentes podem voltar para a coluna d'água e serem disponibilizados para a biota se houver retrabalhamento dos sedimentos por bioturbação e/ou mudanças na hidrodinâmica nas condições físico químicas (pH, O₂ dissolvido, condutividade, potencial redox) do meio. (ESPINDOLA al. 2004). Desta forma, os reservatórios agem como depósitos de material alóctone (que provêm de meio externo ao ambiente aquático) e autóctone (material proveniente do meio aquático do reservatório, gerado pelo processo erosivo da calha do rio e por decomposição da matéria orgânica), atuando como um verdadeiro banco de dados dos corpos d'água (ESTEVES, 2011).

Justamente esse banco de dados, pode ser acessado a partir da coleta de testemunhos, que são capazes de resgatar dezenas de metros de camadas sedimentares, permitindo realizar reconstituições paleoambientais e modelos evolutivos dos ambientes sedimentares ao longo do tempo geológico (FÖRSTNER, 1976; BRYAN & LANGTON, 1991).

INTRODUÇÃO E OBJETIVOS

Baseado nesta premissa foi realizado uma testemunhagem rasa, no Reservatório Salto Grande (RSG), Americana, SP com o intuito de realizar um estudo multidisciplinar de evolução ambiental do referido reservatório, ao longo de seus 65 anos de existência, a partir da análise de multiproxies, registrados na coluna sedimentar.

1.2 JUSTIFICATIVA

Entre as maiores preocupações do século XXI estão às mudanças climáticas, aumento demográfico e os recursos hídricos, sua abundância, qualidade e a eficiência na sua utilização. A gestão dos recursos hídricos conduz os gestores de políticas públicas a um novo desafio: aumentar a eficiência do uso destes, sem exauri-los.

Por este motivo, estudos realizados em ambientes límnicos que abordem características biofísico-químicas e sua interação com os elementos bióticos e abióticos para melhor entender e preservar estes ecossistemas são de extrema importância.

Em face do exposto, esse trabalho propõe analisar a coluna sedimentar do Reservatório de Salto Grande com o propósito de levantar dados que nos conduzam a reconstituição temporal dos impactos antrópicos sofridos pelo corpo d'água e analisar as interferências ocasionadas na taxa de sedimentação, eutrofização e assoreamento.

Reservatórios são sistemas aquáticos muito atrativos nos estudos limnológicos, devido à peculiaridade de complexar na sua hidrodinâmica sistemas lóticos, semilóticos e lênticos; induzindo o aumento das interações entre as variáveis dos componentes como, formação de estratificação e destratificação da coluna d'água, aumento e diminuição do nível de água e tempo de residência das águas. Considerando as multifunções que lhe são atribuídas: reservatório de água para

INTRODUÇÃO E OBJETIVOS

abastecimento, irrigação, geração de energia, transporte, subsistência, lazer, paisagismo e atividades culturais, observa-se a interconexão direta destas variáveis com o metabolismo da biota, na produção primária e nas características geo-físico-químicas do ambiente em estudo.

Devido à alta influência dos sedimentos no ecossistema lacustre é de suma importância a retirada de amostras de sedimentos em perfis verticais (testemunhos), expondo a distribuição das concentrações de elementos traço retidos e outros poluentes nos sedimentos. Os resultados nos permitem avaliar a história e evolução dos impactos antrópicos, geológico, biológicos e físico-químicos sofridos pela biota lacustre. Por meio da obtenção destes dados é possível realizar a reconstituição do histórico das ações antropogênicas e seus impactos, traduzidos nas mudanças abióticas e bióticas, nos processos de adaptação da biota nos ecossistemas lacustres.

As amostras de testemunhos sedimentares revelam as contribuições das fontes naturais e antropogênicas introduzidas ao longo do tempo (FÖRSTNER, 1976; BRYAN & LANGTON, 1992). Nesse sentido, sedimentos lacustres funcionam como verdadeiros registros sobre o ecossistema lacustre, constituindo, conseqüentemente, no principal objeto da Paleolimnologia (ESTEVES, 2011).

1.3 OBJETIVOS

1.3.1 OBJETIVO GERAL

Realizar a reconstituição paleoambiental dos 65 anos de existência do Reservatório Salto Grande, Americana, por meio de análises de dados granulométricos, magnéticos, geoquímicos e biológicos (tecamebas), coletados em testemunho sedimentar.

1.3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS:

- 1) Analisar nutrientes (Fósforo Inorgânico, Fósforo orgânico, Fósforo total, Carbono Inorgânico, Carbono orgânico e Carbono total) e elementos traço (As, Cd, Cr, Cu, Fe, Mn, Ni, Pb e Zn) dos sedimentos e suas possíveis áreas fontes;
- 2) Avaliar a intervenção antrópica por meio de análises de Magnetismo Ambiental
- 3) Analisar a presença de poluentes orgânicos como, os pesticidas organoclorados, bifenilas policíclicas e hidrocarbonetos aromáticos policíclicos nos sedimentos.
- 4) Analisar a composição das associações de tecamebas presentes ao longo de testemunhos, correlacionando-as com características abióticas (granulométrica e análises geoquímica) dos sedimentos.

2. MEIO FÍSICO DO RESERVATÓRIODE SALTO GRANDE

2.1 ÁREA DE ESTUDO: GEOLOGIA, GEOMORFOLOGIA E PEDOLOGIA DA ÁREA DO RESERVATÓRIO DE SALTO GRANDE.

O Reservatório de Salto Grande (RSG) (Figura 1) está situado no município de Americana, no centro leste do estado de São Paulo, dentro das coordenadas 22°44' S e 47°19' W. Localiza-se na depressão periférica paulista na zona do meio Tietê e faz parte da bacia dos rios Piracicaba, Capivari e Jundiaí (PCJ), formado pelo represamento do Rio Atibaia. O Rio Atibaia, principal tributário do reservatório, nasce da confluência do Rio Atibainha e Rio Cachoeira, ambos mananciais da Região Metropolitana da Grande São Paulo e são os constituintes principais do Sistema Cantareira. O Rio Atibaia percorre uma extensão de 154 km até seu represamento, cursando 20 municípios (Figura 2). Ao longo curso o rio recebe influência dos tributários Ribeirão Onofre, Ribeirão Jacaré, Ribeirão Jacarezinho, Ribeirão Pinheiros e dos córregos Laranja Azeda, Boa Vista, Proença, Anhumas, Cachoeirinha, da Invernada, São Tomé e Da Caixa D'água (FONSECA & MATIAS 2014).

Figura 1 - Vista aérea do Reservatório Salto Grande. Fonte: ONG. Barco Escola

Figura 2 - Mapa de localização do Reservatório de Salto Grande no contexto das bacias hidrográficas do estado de São Paulo: Fonte: Agência das Bacias do PCJ (<http://www.agenciapcj.org.br/>).

Na porção do alto Atibaia, partindo do município de Nazaré Paulista, o rio Atibaia corta unidades geológicas metamórficas associadas às sequências de deformação do Neoproterozóico superior, relacionadas à Faixa de Dobramento Ribeira. A litologia compreende gnaiss orto e para-derivados e migmatitos, pertencentes ao complexo Vargínia-Guaxupé, além de granitos intrusivos diversos de idade Brasiliana. Ao todo, o Rio Atibaia percorre um trecho de aproximadamente, 133 km (77 % de sua extensão até o represamento) em unidades cristalinas do embasamento pré-cambriano (figura 3) (FONSECA & MATIAS 2014).

Já na altura do município de Campinas, o rio Atibaia atinge as unidades sedimentares Paleozoicas da Bacia do Paraná, representadas por arenitos e folhelhos do Grupo Itararé e basaltos da Formação Serra Geral. Deste ponto em diante o rio percorre, aproximadamente, mais 40 km até atingir o represamento na altura do município de Americana (Figura 3).

Unidades litoestratigráficas aflorantes no curso do Rio Atibaia

Figura 3 - Mapa do Rio Atibaia descrevendo a constituição litoestratigráfica no curso que percorre

Os tipos de solos no entorno do RSG estão representados no mapa da Figura 4, elaborado por FONSECA & MATIAS (2014) e classificados segundo o novo Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (EMBRAPA, 2013). Os solos que ocupam a área do entorno do reservatório distribuem-se, predominantemente, entre duas classes principais: Latossolos e Argissolos. Mais subordinadamente são observadas pequenas porções com ocorrência das classes de Neossolos e Nitossolos. Como é possível observar no mapa da Figura 4, a classe de Latossolos é a mais expressiva em termos de ocorrência espacial, sendo observadas em ambas as margens do reservatório. Latossolos e suas variantes, representadas por Latossolo Vermelho Amarelo, Latossolo Vermelho Escuro e Latossolo Vermelho Escuro e Roxo, ocorrem mais predominante na margem direita do reservatório. Argissolos predominam nas porções mais a montante do reservatório, ao passo que as classes de Neossolos e Nitossolos são registradas de forma mais expressiva ao longo da margem esquerda. A seguir, é apresentado um breve resumo descritivo de cada uma das classes de solo identificadas no entorno do Reservatório:

Argissolos: Acumulação de argila com atividade baixa ou com atividade alta conjugada com concentração de alumínio trocável. Solos constituídos por material mineral, que têm como características diferenciais a presença de horizonte B textural de argila de atividade baixa, ou alta conjugada com saturação por bases baixa ou caráter alético.

Latossolos: Apresentam cores vermelhas acentuadas devido aos elevados teores de Fe (ferro) e à natureza dos óxidos de Fe presentes no material originário em ambientes bem drenados. Por serem profundos e porosos ou muito porosos, apresentam condições adequadas para um bom desenvolvimento radicular em profundidade, principalmente se forem eutróficos (de alta fertilidade). São solos em avançado estágio de intemperização, muito evoluídos, como resultado de enérgicas transformações do material constitutivo. São virtualmente desprovidos de minerais

primários ou secundários menos resistentes ao intemperismo, e tem capacidade de troca de cátions da fração argila.

Neossolos: Pouco desenvolvimento pedogenético. Solos constituídos por material mineral, não hidromórficos, ou por material orgânico pouco espesso, que não apresentam alterações expressivas em relação ao material originário devido à baixa intensidade de atuação dos processos pedogenéticos. São solos pouco desenvolvidos que não apresentam horizonte de diagnóstico.

Nitossolos: “Nitidus”, brilhante. Solos constituídos por material mineral, com horizonte B nítido, textura argilosa ou muito argilosa e teores de argila maiores que 350g/kg de solo.

Figura 4 - Mapa do tipo de solo no entorno do reservatório Salto Grande. Fonte FONSECA, 2014

A expressividade da ocorrência de Latossolo e Argissolo reflete o contexto geológico e geomorfológico no qual o reservatório está inserido. O RSG está situado em um ambiente geologicamente estável, localizado na borda leste da depressão periférica da Bacia do Paraná, caracterizado por uma área com topografia suave formada por terrenos colinosos com vertentes retilíneas de baixo ângulo, o que favorece um escoamento superficial mais lento. O reservatório ocorre sobre um *silo* (rocha intrusiva em forma de soleira) de basalto da Formação Serra Geral que se intercala com unidades de arenito do Grupo Itararé. A ocorrência de rocha ígnea básica e a topografia suave, que garante um escoamento superficial mais lento das

águas pluviais, somada a estabilidade geológica da região, favorecem o desenvolvimento de Latossolos e Argissolos, categorias estas de solo muito comuns na região da borda Periférica da Bacia do Paraná (IPT, 1981).

2.2 ASPECTOS FÍSICOS DO RESERVATÓRIO DE SALTO GRANDE

A hidrodinâmica do reservatório está associada às diferentes variantes que compõe as características físicas do mesmo, tais como: dimensão, profundidade, morfologia, vazão, tempo de residência, taxa de sedimentação, qualidade das águas aportadas pelos seus contribuintes e uso do solo no entorno. A temperatura na coluna d'água varia 4°C entre o fundo e a superfície (nos pontos de maior profundidade) e de 2°C de diferença nas profundidades menores de 4 a 6 metros (LEITE, 2002).

Segundo RIOS (1999) *“o reservatório funciona como decantador, pois retém 88% do material particulado logo no primeiro compartimento, melhorando assim a qualidade da água do reservatório”*. Contudo, este material particulado que é retido no primeiro compartimento gera deposição de 72 kg/m²ano, o que contribui para uma altíssima taxa assoreamento local de aproximadamente 8 cm/ano (LEITE, 2002). De acordo com LEITE (1998), a taxa de sedimentação decai ao longo do reservatório no sentido Rio Atibaia/barragem e, conseqüentemente, influência direta e indiretamente diversas variáveis, tais como: profundidade, temperatura, pH e deposição de nutrientes. Estas variações na taxa de sedimentação e de nutrientes como nitrogênio, fósforo e a retenção do material particulado ao longo do reservatório promovem uma distribuição heterogênea da biota no sentido longitudinal Rio Atibaia/barragem (LEITE, 1998; RIOS, 1999; PAMPLIN, 1999; ZANATA & ESPÍNDOLA, 2002; DORNFELD, 2002).

ARCIFA et al. (1986) analisaram a influência da sazonalidade na produção da biomassa e dos níveis de oxigênio e turbidez da água no RSG. Durante a estação

seca o nível de transparência medido pelo disco de Secchi, atinge valores da ordem de 2,5 m. Já, durante a estação úmida a transparência diminui drasticamente, não ultrapassando 0,5 m. A diminuição da transparência durante a estação úmida ocorre em virtude do aumento de material particulado em suspensão na coluna d'água, decorrente das fortes chuvas e da porcentagem das áreas em declive em torno ao reservatório.

Estudos toxicológicos realizados no RSG utilizando micro crustáceos da ordem Cladocera como modelo biológico, entre 1969 a 1972 mostraram os impactos ambientais e aumento da eutrofização, devido à elevação das concentrações de nitrogênio (N) e fósforo (P), relacionados aos efluentes domésticos e industriais, bem como aos influxos de águas do Rio Anhumas (afluente do Rio Atibaia), que recebe efluentes da indústria química Rhodia Solvay Group (ZAGO, 1976). Também é relatado derrame acidental de Trifluralina (inseticida) pela indústria de fertilizantes e inseticidas Fórmula S.A. no Rio Atibaia 16/10/1974 publicado pelo jornal 'O Estado de São Paulo' em ocasião a grande mortalidade de peixes ocorrida após o acidente (SHIMIZU, 1978). Em adição derrames ocasionais de herbicida 2,4-D (Herbazin) no reservatório para o controle de aguapé (*Eichhornia* sp.) também são reportados durante a década de 70, quando são registradas diminuições significativas na densidade de zooplâncton (SHIMIZU, 1978). O autor relatou sobre a continuidade dos processos de contaminação e o descaso para as questões ambientais bem como a falta de fiscalização. Em síntese observa-se que o emprego de herbicidas e a alta carga de efluentes domésticos e industriais provenientes do entorno do reservatório, com destaque para os rios Anhumas e Ribeirão Pinheiros, contribuíram de modo significativo para a elevação das concentrações de metais traço como Cu, Hg, Zn, Cr além de fenóis na região (ZAGO, 1976; SHIMIZU, 1978).

Os efluentes domésticos e industriais dos municípios de Valinhos e Campinas, assim como a indústria química Rhodia Solvay Group e o polo petroquímico de Paulínia são apontados como os maiores contribuintes dos contaminantes do RSG (ZAGO, 1976; SHIMIZU, 1978). Entretanto, a falta de tratamento prévio dos esgotos

domésticos e efluentes industriais é apontada como a principal causa do aporte destes contaminantes (LEITE, 2004). As principais características físicas, capacidade hídrica e produção de energia do RSG estão apresentadas na tabela 1.

Tabela 1 - Características físicas e capacidade hídrica e energética do Reservatório Salto Grande.

Porte	Pequeno
Fluxo	Intermediário, Classe B (STRAŠKRABA, 1999)
Comprimento	17 km
Perímetro	64 km
Volume Máximo	106.106 m ³
Área de drenagem	2.770 km ²
Área mínima inundada	10,55 km ²
Área máxima inundada	13,80 km ²
Profundidade Máxima	19,8m
Profundidade média	8m
Descarga máxima vertida	936 m ³ /s
Vazão média-	36,5 m ³ /s
Tempo de retenção das águas (média anual)	30dias
Tempo de retenção das águas (média da estação chuvosa)	10 dias
Tempo de retenção das águas (media da estação seca)	3 a 4 meses
Taxa de sedimentação anual	8 cm a montante e ≈ 3 cm a jusante
Barragem:	Altura 25m, comprimento 228 m
Nº de comportas	3 unidades
Nº geradores	3 unidades
Capacidade nominal	30,0MW
Capacidade efetiva	33,6 MW
Produtividade média	0,256MW m ³ /s
Geração média	9,0MW

Fonte: DEBERT, (1999); SOUZA, (2000); ESPÍNDOLA et al (2004).

2.3 CARACTERÍSTICAS CLIMÁTICAS

Segundo a classificação de Köppen-Geiger o clima na área de estudo transita entre as definições de clima temperado úmido com inverno seco e verão quente e úmido (Cwa) e clima temperado úmido com verão quente (Cfa), sendo que para o último não é reconhecida a ocorrência de uma estação seca (PEEL et al., 2007). A precipitação média anual na região do reservatório gira em torno de 1300 mm de acordo com a série histórica de medição, entre 1937 e 2014 disponibilizadas pela Agência Nacional de Águas (ANA)(Figura 5).

Figura 5 - Série histórica de precipitação de chuva na região do reservatório de Salto Grande, Americana-SP. A barra horizontal vermelha representa a média anual de 1300 mm. Fonte: Agência Nacional de Águas (ANA)

A climatologia de precipitação na área de estudo é caracterizada pela atuação de sistemas tropicais, associados com a monção sul-americana de verão, atuando entre os meses de outubro a maio (RAO et al. 1996). Entre o final do outono e durante o inverno, as precipitações são associadas à entrada de frentes frias geradas pela influência das massas de ar polar do Atlântico Sul. Já, durante o verão as precipitações são associadas à atividade convectiva da Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS). A ZCAS caracteriza-se por um sistema convectivo transiente formado pelo deslocamento, via jatos de baixos níveis, do excedente de umidade da região oeste da Amazônia para o sudeste do Brasil, constituindo uma banda de nebulosidade de direção NW-SE que se estende até o oceano Atlântico subtropical Sul. Nesse sentido, temos que a maior parte da chuva que se abate sobre a região tem relação com o sistema de monções Sul-americano (VERA et al., 2006; MARENGO et al., 2012). A sazonalidade do regime de precipitação regional pode ser observada na **Figura 6** que apresenta o comportamento das médias mensais das precipitações medidas na série histórica de 1937-2014. Na estação chuvosa, entre os meses de outubro a março, concentra-se praticamente 90 % do acumulado anual médio e, durante a estação seca, entre os meses de abril a agosto, o acumulado trimestral médio soma algo em torno de 100 mm, ou seja, apenas 8 % do acumulado anual.

Figura 6 - Médias das precipitações mensais no período entre 1937-2014 Americana, SP

A diminuição da vazão do reservatório durante a estação seca resulta no aumento do tempo de residência das águas, com consequente interferência na biota aquática do reservatório (TUCCI et al., 2004). A figura 7 descreve a curva de vazão calculada a partir da integração da série de medições realizadas entre 2000 e 2014; medidas tomadas na UGRHI D4-005, onde se observa semelhança com a curva dos índices pluviométricos mostrados na figura 6. Estas semelhanças ocorrem na necessidade da manutenção do nível do reservatório com a finalidade evitar enchentes, controle da vazão do Rio Piracicaba, manutenção do nível necessário para funcionamento da usina e abastecimento hídrico para a cidade de São Paulo durante a crise hídrica ocorridos nos anos de 2014 e 2015.

Figura 7 - Dados das médias mensais da vazão do Rio Atibaia (medidas tomadas na UGRHI D4-005) no período de 2000 a 2014. Fonte: DAEE-USP (Departamento de Água e Energia Elétrica)

A temperatura anual média varia entre 18,2 a 24,9°C, com máxima de 35°C na estação chuvosa (verão) que ocorre entre os meses de outubro a março, e mínima de 4,4°C na estação seca no inverno (abril a setembro). As variações sazonais de temperatura local influenciam as taxas de evapotranspiração, armazenamento, deficiência e excedentes hídricos no reservatório.

2.4 VEGETAÇÃO E OCUPAÇÃO DO ENTORNO

A região onde está inserido o RSG é caracterizada pela presença de Floresta Mesófila Semidecídua e Cerrado. Atualmente a vegetação no entorno do reservatório está restrita a fragmento de mata secundária remanescente e extensas áreas de plantio de cana de açúcar, lavouras de café, laranja, mandioca, e áreas de pastagem (FONSECA, 2008). Remanescentes de mata mesófila nativa restringem-

se a uma única ocorrência situada na porção superior do reservatório, cobrindo uma área de 230.000m² (PEGORARO, 2003), onde foram identificadas 34 espécies arbóreas, com destaque para *Tabebuia sp* (ipê amarelo), *Chorisia speciosa* (paineiras), *Croton urucurana* (sangra-d'água), *Cariniana estrellensis* (jequitibá-branco), *Cedrela fissilis* (cedro) entre outras. Para o melhor estudo do entorno, os autores (LEITE, 1998; PEGORARO, 2003) dividiram a área do reservatório longitudinalmente, sendo o flanco norte, denominado “pós-represa”, a área com maior predomínio de atividade agropecuária. Cabe destacar que a área do pós-represa recentemente é sujeita à pressões por parte do setor imobiliária impulsionado pelo alto crescimento econômico e urbano registrado nas últimas décadas. As (Figura 8 e 9) ilustram as principais ocorrências de vegetação e a paisagem da área do entorno.

Com o intuito de minimizar os impactos ambientais e gerenciar um crescimento e ocupação sustentáveis, o poder público do município de Americana criou o Plano de Desenvolvimento Pós Represa (PDPR-2004), por meio da Secretaria do Planejamento. Para tanto distribuem as áreas a serem ocupadas nas seguintes proporções: 47% previsto a ocupação residencial, 26% área de ocupação industrial e comercial, 25% áreas de preservação permanente (APP), 2% áreas para serviços públicos, 1,6% áreas para patrimônio histórico e 0,4% área reservada para aterro sanitário.

Do lado esquerdo da Represa predomina a ocupação urbana com áreas antropizadas (construção, pomares, paisagismo), bairros populosos (Praia Azul e Praia dos Namorados), chácaras, sítios e condomínios de luxo (LEITE, 1998). Tabela2 e a Figura 8 representam a atual situação do uso do solo em torno do RSG.

Figura 8 - Mapa da ocupação do entorno do Reservatório Fonte: FONSECA & MATIAS (2014)

A)

B)

C)

D)

E)

F)

Figura 9 - A) Mata ciliar restaurada, lado direito do Reservatório. B) Área urbana no entorno, lado esquerdo. C) Vegetação nativa remanescente, lado direito. D) Área agrícola no entorno na margem direita, E) *Cariniana estrellensis* (jequitibá-branco) F) *Chorisia speciosa* (paineira). Fonte: próprio autor

Tabela 2 - Distribuição do uso da terra no entorno do Reservatório Salto Grande

USO DA TERRA	ÁREA km ²	%
Área antrópica	32,59	21,79
Solo exposto	16,52	11,02
Cultura/ pasto	47,33	31,65
Cana de açúcar	22,30	14,91
Água	11,37	7,62
Mata	10,71	7,16
Área urbana	8,37	5,55
Macrófitas	0,45	0,30
Área total das classes	149,64	100

Fonte: LEITE (1998).

O trabalho de revisão bibliográfica realizado por TUCCI et al. (2004), traz os estudos dos autores DEBERDT (1997), MINOTI (1999), SOUZA (2000) e FALCO (2000) sobre o tema Produção, Caracterização, Dinâmica e Distribuição Temporal das Comunidades Fitoplanctônicas do Reservatório de Salto Grande, e trazem à luz a convergência dos resultados obtidos nos diferentes estudos. De igual forma, todos apontam para predisposição sazonal, onde, na estação seca predomina maior índice de transparência no disco de Secchi, maior índice na incidência de luz e irradiação, e aumento da fotossíntese e produção primária. Referente às espécies predominantes houve equidade também nos resultados. As espécies predominantes de fitoplâncton foram *Chlorophyceae*, *Bacillariophyceae* (algas), *Cyanobacteria*, *Euglenophyceae* (microrganismos) e macrófitas, destas últimas foram registradas 14 espécies ao longo do reservatório, predominando as espécies *Eichhornia crassipes*, nome popular (np): aguapé; *Pistia stratiotes*, np: alface d'água; *Salvinia auriculata*, np: orelha de rato; *Polygonum* spp., np: erva do bicho e gramíneas com forte predominância em todos os compartimentos do reservatório. A Figura 10 ilustra as espécies aquáticas predominantes.

A)

B)

C)

D)

E)

F)

Figura 10 - Espécie aquática predominantes no Reservatório Salto Grande. A) (Macrófitas predominantes *Eichhornia crassipes* (aguapé), B) *Pistia stratiotes* (alface d'água), C) *Salvinia auriculata* (Micheli) Adams (orelha de rato), D) *Hedychium coronarium* Koenig (lírio do brejo), E) *Polygonum* spp, np: erva do bicho e F) Presença de gramíneas. Fonte: TAVARES et al. (2004). Imagens: <https://www.pinterest.com/pin>, último acesso 7/4/2015

Ao contrário do fitoplâncton, observou-se, no caso das macrófitas, a ocorrência de aumento na densidade de biomassa após o período de altas precipitações e aumento do nível do corpo d'água. O escoamento de águas superficiais do entorno, assim como também a emissão de efluentes principalmente domésticos, proporcionam aumento na concentração de nutrientes, favorecendo a floração e produção da biomassa. Logo o acréscimo de nutrientes e biomassa contribui para o aumento do assoreamento do reservatório, o que beneficia as espécies de macrófitas que enraízam. Devido à alta correlação entre a concentração de nutrientes e aumento da produção de biomassa, as macrófitas são utilizadas como indicadores de eutrofização (TAVARES et al., 2004). Também vale ressaltar que as macrófitas desempenham um papel importante como filtro ecológico, retendo em suas raízes metais, além de serem aproveitadas como adubo e na fabricação de tijolos ecológicos para construção civil (FARIA & ESPÍNDOLA, 2004).

3.1 HISTÓRICO DO RESERVATÓRIO DE SALTO GRANDE

O nome Salto Grande tem sua origem no nome dado à uma sesmária do fim do séc. XVIII, onde se encontrava no local uma cachoeira denominada Salto Grande (LOPES et al. 2004). Com as atividades agropecuárias, principalmente a cultura da cana de açúcar, ocorrem às primeiras queimadas e devastação da vegetação nativa. Atualmente, restam reduzidos fragmentos com raros espécimes da vegetação nativa (ESPÍNDOLA et al. 2004). No fim do séc. XIX, no ano de 1875, instalaram-se as primeiras indústrias, com destaque para o segmento têxtil, na fazenda Carioba (pano branco em Tupi-Guarani). A principal matéria prima, o algodão, provinha das fazendas, muitas destas localizadas no entorno do Rio Atibaia. Nesta época a atividade têxtil tornou-se a principal atividade econômica do município de Americana, o que veria a lhe conferir o título de "Princesa Tecelã". No século XX, a região passa então por um rápido crescimento econômico e urbano, que aumentaria a demanda por maior fornecimento de energia.

Neste contexto o RSG foi arquitetado com a finalidade de construir uma usina hidroelétrica para alavancar a economia da região e atender à crescente demanda de energia. A usina foi construída entre os anos 1940 a 1949 e suas atividades iniciaram-se logo no ano de 1950 (DEBERDT, 2002). Em registros da imprensa local produzido pelo jornal "O Liberal", (1998), ex-funcionário da Companhia Paulista de Força e Luz (CPFL), declarou que o reservatório teria levado 6 meses para atingir o volume necessário para iniciar as atividades da companhia, e que o tempo decorrido foi em parte devido à estiagem ocorrida à época. Durante o período de construção do reservatório, a área do entorno sofreu o impacto do desmatamento e afastamento da fauna nativa. Em consequência, verificaram-se mudanças na composição bioquímica da água, associada à decomposição da biomassa submersa após o desmatamento, sendo acumulada no leito do reservatório. Esse processo conduziu a eutrofização inicial da coluna d'água, alteração nos valores de pH, aumento de nutrientes nas águas

e na demanda bioquímica de oxigênio (DBO) (ESPÍNDOLA et al., 2004). Após a inundação a alteração da paisagem fomentou novas atividades no uso da terra no entorno do reservatório. Atividades turísticas associadas às práticas de acampamento, natação, pesca esportiva, bem como campeonato de vela e remo, promoveram a valorização imobiliária da região do entorno, alterando a natureza das práticas econômica que passaram de agropecuária para comercial. Surge assim, a construção de hotéis, clubes, condomínios de luxo, píeres particulares e zonas residenciais para veraneios. Estas mudanças estimularam a economia da região transformando-a em um novo polo turístico do interior de São Paulo, evidenciado pelo rápido e vertical crescimento demográfico após a construção do reservatório, como demonstrado no gráfico da Figura 11.

A fim de atender a demanda industrial da época, a usina de Carioba foi projetada para gerar 30,0 MW. No presente, essa produção não é significativa, considerando o alto desenvolvimento econômico. Contudo, cabe-lhe também a função de controlar a vazão do Rio Piracicaba e de uma fonte alternativa de captação para abastecimento do município de Americana (ESPÍNDOLA et al, 2004).

Crescimento Demográfico do Município de Americana

Figura 11 - Crescimento demográfico do município de Americana SP, onde se situa o Reservatório Salto. Fonte: IBGE Censo demográfico 2010

Como consequência destas mudanças rápidas de crescimento urbano, comercial e industrial no entorno, ocorreu ligeira eutrofização, assoreamento e contaminação das águas do reservatório promovido, principalmente, pelo derrame direto de efluentes comerciais, domésticos e industriais, tratados e não tratados. Dentre as indústrias relacionadas, cabe destaque a instalação do polo petroquímico de Paulínia, localizado à montante do reservatório, concomitantemente com o estabelecimento de indústrias como Shell Química S.A. (indústria de pesticidas organoclorados), Rhodia Solvay Group (indústria química), entre outras (LOPES et al., 2004). É importante destacar que no período de 1940, início da construção do reservatório, até meados dos anos 70, o reservatório já registrava sérios problemas de eutrofização, com elevadas concentração de nutrientes, florescimento de algas e aumento na produção de biomassa de macrófitas, chegando a ocupar 15% da área do Reservatório

(ESPÍNDOLA et al., 2004). Atualmente, a região do entorno do reservatório, inserida no contexto da região metropolitana de Campinas, é uns dos mais importantes parques industriais do estado de São Paulo, concentrado principalmente na área de drenagem dos rios Atibaia e Piracicaba. Destaca-se a alta diversidade industrial, como indústria de papel e celulose, sucroalcooleiras, têxtil, alimentícias, beneficiadoras de couro, metalúrgicas, químicas e petroquímicas listadas na Tabela 3 (CARMO, 2000).

Corroborando com este cenário é relevante mencionar que em 1996 a Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (CETESB), principal responsável por pelo controle, fiscalização, monitoramento e licenciamento de atividades geradoras de poluição no estado de São Paulo, aceitava a estocagem temporária dos resíduos industriais em locais a “céu aberto”, o que ocasionava, além do passivo ambiental no local, o derrame de chorume que contamina o subsolo e os corpos d’água próximos (LOPES et al., 2004).

Durante este processo a classificação da qualidade da água do Reservatório Salto Grande sofre alteração de **Classe 2** em 1976 para **Classe 4** em 1996; dados obtidos pela CETESB (1997). De acordo com a Resolução do CONAMA (Conselho Nacional de Meio Ambiente) 357/2005 que estabelece o conjunto das condições e padrão da qualidade das águas para o atendimento do uso preponderante atual e futuro. **Classe** alface d’água **2** refere-se as águas que podem ser destinadas ao consumo humano após tratamento convencional, à proteção das comunidades aquáticas, recreação, irrigação e aquicultura. **Classe 4** refere-se as águas que **não** podem ser destinadas ao consumo humano, somente para navegação e harmonia paisagística. As classes estão representadas na Tabela 3.

Histórico do Reservatório de Salto Grande

Tabela 3 - Principais atividades indústrias na Bacia do Rio Atibaia

INDÚSTRIA	ATIVIDADE
J BRESLER S/A PAPEL PAPELAO E EMBALAGEM	FABRICA DE PAPEL E PAPELÃO
SHELL BRASIL S.A.	INDÚSTRIA QUÍMICA
PETROBRAS-PETROLEO BRASILEIRO S.A-REPLAN	REFINARIA DE PETRÓLEO
RHODIA S.A.	INDÚSTRIA QUÍMICA
BANN QUIMICA LTDA	INDÚSTRIA QUÍMICA
PRODOME QUIMICA E FARMACEUTICA LTDA	FAB DE PRODUTOS FARMACEUTICOS
LATICINIOS SUICO HOLANDES LTDA	FAB DE LATICINIOS
TINTURARIA E ESTAMPARIA COFINA LTDA	TINTURARIA E ESTAMPARIA
INDÚSTRIAS GESSY LEVER LTDA	FABRICA DE SABÕES E SABONETES
CARTONIFICIO VALINHOS S.A	FABRICA DE PAPEL E PAPELÃO
RIGESA CELULOSE PAPEL E EMBALAGENS LTDA.	FAB. PAPELÃO E EMBALAGENS
CHR HANSEN INDÚSTRIA E COMERCIO LTDA	FAB DE COALHOS E COAGULANTES
FRIGORIFICO MARTINI LTDA	FAB DE PRODUTOS ALIMENTARES
AVICOLA VINHEDENSE LTDA	ABATES DE AVES
GRANJAS MARA S/A	ABATES DE AVES
ELIZABETH S.A IND TEXTIL III	INDÚSTRIA TEXTIL
ELIZABETH S.A IND TEXTIL - FAB II	ESTAMPARIA E TINGIMENTO DE TECIDOS
ELIZABETH S.A IND TEXTIL I	INDÚSTRIA TEXTIL
COVOLAN BENEFICIAMENTOS TEXTEIS LTDA	TINGIMENTO DE FIOS E TECIDOS
TEXTIL DUOMO S.A INDÚSTRIA TEXTIL	INDÚSTRIA TEXTIL
WITCO	FAB DE SILICONE
TIMAVO DO BRASIL S.A	IND TEXTIL TINGIMENTO DE TECIDOS
LINHASITA IND DE LINHAS P/ COSER LTDA	FABRICACAO DE LINHAS
FIBRALIN TEXTIL S.A	ESTAMP TINGIMENTO E ACABAMENTO TECIDOS
RHODIACO	INDÚSTRIA QUÍMICA
ESPETINHO MIMI LTDA.	ALIMENTICIA

Fonte: CARMO, 2000

Histórico do Reservatório de Salto Grande

As evidências do grau de contaminação do RSG foram corroboradas através dos dados obtidos pela identificação e quantificação de metais traço por TONISSI (1999), DORNFELD (2002). Nesses estudos os autores concluem que a concentração de metais traço na coluna d'água do reservatório têm se alterado no transcorrer do tempo, observando-se uma tendência de melhora segundo o último levantamento realizado por FONSECA & MATIAS (2014) aqui apresentados na Tabela.

Tabela 4 – Metais traço no Reservatório Salto Grande. Referências das concentrações (mg.L⁻¹) de elementos traço, valores obtidos por TONISSI (1999), DORNFELD (2000) e FONSECA & MATIAS (2014). Valores em vermelho indicam as concentrações acima dos estabelecidos pela Resolução do CONAMA 20/86

METAL (mg.L ⁻¹)	CONAMA/clss.3	TONISSI (1999) Teores Máx.	DORNFELD (2002) Teores Máx.	FONSECA & MATIAS (2014) Teores Máx.
As	0,030	-----	-----	0,0003
Cd	0,010	0,002	0,006	-----
Cu	0,013	0,050	0,072	0,0020
Cr	0,050	0,063	0,068	0,0002
Fe	5,000	1,863	8,420	0,4250
Mn	0,500	0,084	0,570	0,0660
Ni	0,025	-----	-----	0,0014
Zn	5,000	0,121	0,090	0,0024

Fonte: TONISSI, (1999), DORNFELD, (2000) e FONSECA & MATIAS (2014)

Entretanto, o município de Paulínia, onde está instalado o polo petroquímico, passa a tratar 100% dos seus esgotos lançados no RSG, somente a partir de 2010. Na porção mais a jusante do córrego Anhumas, tributário do Rio Atibaia, a cidade de Campinas, município de maior densidade demográfica da região, com mais de 1 milhão de habitantes, trata hoje 80% dos efluentes que despeja no córrego (IBGE, 2010). A

seguir é apresentada uma linha do tempo que resume os principais eventos relevantes ao histórico de contaminação das águas do RSG.

Tabela 5 - Resolução CONAMA 357/2005

CLASSE DE ÁGUAS	PRINCIPAIS USOS LEGAIS ASSOCIADOS
Especial	<ul style="list-style-type: none"> • Abastecimento para consumo humano, com desinfecção. • Preservação do equilíbrio natural das comunidades aquáticas. • Preservação dos ambientes aquáticos em unidades de conservação e proteção integral.
Classe I	<ul style="list-style-type: none"> • Abastecimento para consumo humano, após tratamento simplificado. • Proteção das comunidades aquáticas. • Recreação de contato primário, tais como natação, esqui, e mergulho, Conforme Resolução CONAMA 274/2000. • Irrigação de hortaliças que sejam consumidas cruas e de frutas que se desenvolvem rentes ao solo e que sejam ingeridas cruas sem remoção de películas. • Proteção das comunidades aquáticas em terras indígenas.
Classe II	<ul style="list-style-type: none"> • Abastecimento para consumo humano, após tratamento convencional. Proteção das comunidades aquáticas. • Recreação de contato primário, tais como natação, esqui, e mergulho, conforme Resolução CONAMA 274/2005. • Irrigação de hortaliças, plantas, frutíferas e parques, jardins, campos de esportes e lazer, com o quais o público possa vir a ter contato direto • Aquicultura e atividade pesqueira.
Classe III	<ul style="list-style-type: none"> • Abastecimento para consumo humano, após tratamento convencional ou avançado. • Irrigação de culturas arbóreas, cerealíferas e forrageiras. Pesca amador. • Recreação de contato secundário. Criação e abastecimento de animais.
Classe IV	<ul style="list-style-type: none"> • Navegação e harmonia paisagística.

Fonte: FONSECA & MATIAS (2014)

LINHA DO TEMPO NO ENTORNO DO RESERVATÓRIO SALTO GRANDE

**Década
1940**

Construção do reservatório e da usina hidroelétrica. População de 9.842 habitantes 33% urbana e 67% rural. Alta atividade agropecuária, indústria predominante é a têxtil.

**Década
1950**

Inauguração Reservatório Salto Grande. Instalações de indústrias têxteis, alimentícias, pequenas fabricam de confecção e comércio.

**Década
1960**

Aumento da atividade industrial, têxtil, artefatos elétricos, peças industriais, moveis, Instalação da Rhodia do Brasil (fios de nylon), indústria papelreira e atividade turística. População aproximada de 50.000 habitantes.

**Década
1970**

Contínuo aumento e diversificação da atividade industrial. Expansão e diversificação da Rhodia do Brasil (produção de polímeros), instalação da Shell do Brasil (produção de pesticidas). Instalação da Replan (refinadora de petróleo) aumento do setor têxtil e de indústrias alimentícia. Auge da atividade turística. Verticalidade na linha do crescimento demográfico. População aproximadamente de 100.000 habitantes. Qualidade da água do Reservatório é classificada como classe 2 Resolução CONAMA 20/1986. (CETESB1996).

Década
1980

Aumento de tecelagens e confecção, aumento substancial nas prestações de serviços, expansão da Rhodia do Brasil (Indústria de pesticidas e aditivos químicos para uso agropecuário, produção de resinas e silicone). Aumento dos níveis de poluição atmosférica e nos corpos d'água ocasionando eventos acidentais (mortandade de peixes), promoveram que dadrástica do turismo. A indústria química Shell do Brasil ocasiona o primeiro dos três passivos ambientais que irá cometer durante sua permanência na região.

Década
1990

Fechamento da Shell do Brasil após provocar terceiro passivo ambiente e mortes de moradores próximo às dependências da Shell. Controle e legislação das emissões dos gases emitidos pelas indústrias papeleiras e de fiação. Crise do setor têxtil. Manutenção da verticalidade da linha demográfica, população supera os 150.000 habitantes. Qualidade da água do Reservatório é classificada como classe 4 Resolução CONAMA 20/1986 (CETESB, 1996). Durante este processo a classificação da qualidade da água do reservatório sofre alteração de **Classe 2** em 1976 para **Classe 4** em 1996; dados obtidos pela CETESB (1997) (Tabela 5).

Década
2000

Contínuo aumento no setor de serviços, frota veicular e densidade demográfica.

Década
2010

Inversão do quadro de atividades, 65% serviço, 34,45% industrial e 0,55% rural (cultura de cana de açúcar e pomares). População de 210.000 habitantes. Maior controle nas emissões de gases e no tratamento de efluentes industriais e domésticos.

4. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

4.1 SEDIMENTOS: ATRIBUTOS E CONCEITOS

A etimologia da palavra “sedimentos” refere-se aos materiais sólidos transportados que se depositam (GIANNINI & MELO, 2009). Os sedimentos são constituídos por grãos de diversos tamanhos, oriundos dos processos de intemperismo, erosão e lixiviação das rochas e solos onde está inserida a bacia de drenagem e os afluentes de rios que formam a bacia, juntamente com material orgânico proveniente da decomposição de material biológico. Em uma definição mais ampla, assume-se que os sedimentos são constituídos pela coagulação, floculação, deposição, absorção e adsorção de todas as partículas e compostos de origem inorgânica e orgânica procedentes do intemperismo e erosão dos solos no entorno ao corpo d'água e da atmosfera, além do grande influxo antropogênico de efluentes industriais e domésticos. Os efluentes industriais e domésticos, por sua vez, são considerados como as principais fontes poluidoras responsáveis pelo aumento da concentração de elementos traço e substâncias xenobióticas que promovem distúrbios na composição (riqueza, abundância e equitabilidade de espécies) do micro e macro biota, como também alterações nas cadeias metabólicas das mesmas. Assim, os sedimentos se traduzem em extraordinário objeto de estudo para avaliar o fluxo químico e a sua variabilidade espaço-temporal (HOROWITZ, 1995).

Os sedimentos podem ser classificados quanto sua proveniência em (i) alóctones, referente aos sedimentos formados fora do contexto do ambiente de deposição, a exemplo dos grãos transportados pelos rios para o interior do reservatório e (ii) autóctones, em referência aos sedimentos formados dentro da própria bacia de sedimentação. No contexto dos reservatórios, compreende os sedimentos autóctones a matéria orgânica, constituída pelos restos dos organismos

viventes que habitam o reservatório e por sedimentos químicos, mais comumente representados por óxidos, sulfetos, haletos e carbonatos.

Na dinâmica deposicional, os grãos maiores se acumulam junto às regiões de maior gradiente hidráulico, *i.e.*, nas áreas de maior correnteza. Desse modo, as frações de granulação mais grossa ocorrem com maior frequência no início do reservatório, junto as margens e ao longo do talvegue da drenagem principal, onde estão sujeitos ao transporte pelas correntes de fundo. Os grãos menores ficam em suspensão, transportados por correntes mais suaves, depositando-se lentamente no fundo. Por sua vez, a ocorrência de sedimentos mais finos é maior próxima a barragem e junto às porções mais profundas do reservatório. Estes grãos mais finos, de dimensões inferiores a 4 μm , compreende a fração granulométrica denominada argila, e possui a capacidade de se complexar aos metais e matéria orgânica retendo, assim, boa parte destes compostos presentes no ambiente aquático (GIANNINI & RICCOMINI, 2008). Dessa forma, temos que a granulação do sedimentos refletem um aspecto importante do ambiente deposicional.

Na tabela 6 é apresentada a classificação dos sedimentos quanto a granulação (GIANNINI & MELO, 2009).

Tabela 6 - Escala granulométrica de Udden-Wentworth

GRANULOMETRIA (mm)			
AREIA MUITO GROSSA	2	a	1
AREIA GROSSA	1	a	0,5
AREIA MÉDIA	0,5	a	0,25
AREIA FINA	0,25	a	0,125
AREIA MUITO FINA	0,125	a	0,062
SILTE GROSSO	0,062	a	0,031
SILTE MÉDIO	0,031	a	0,016
SILTE FINO	0,016	a	0,008
SILTE MUITO FINO	0,008	a	0,004
ARGILA	Menores	de	0,004

Fonte: GIANNINI & MELO (2009)

Os sedimentos podem ainda ser classificados em orgânicos quando a fração orgânica for maior que 10% da composição de sua massa seca e inorgânico quando o teor de material orgânico for inferior a 10%, (UNGEMACH, 1960).

No contexto dos estudos limnológicos é possível reconhecer duas camadas dentro de um compartimento sedimentar:

- A **camada recente** ou superior que se encontra em contato direto com a coluna d'água e apresenta maior concentração de nutrientes (material orgânico sedimentado resultado da decomposição de organismos e microrganismos e de atividade catabólica da biota, assim como de nutrientes inorgânicos como fósforo (P), nitrogênio (N) e elementos traço essenciais).
- A **camada permanente** ou inferior é caracterizada por ser uma camada anóxica, com baixo teor de matéria orgânica e com atividade biológica reduzida, habitada, principalmente, por microrganismos anaeróbicos. (ESTEVES, 2011).

Nos estratos sedimentares identificam-se, ainda, outros dois componentes importantes:

- A **fração particulada**, representada pela matéria inorgânica (argilominerais e minerais e fragmentos líticos) e orgânica oriunda da produção primária do ambiente aquático (autóctone) e de fontes alóctones (meio de nutrientes para abiota bentônica).
- A **fração dissolvida**, representada pela água intersticial, onde se encontra maior concentração de nutrientes, íons e elementos traço dissolvidos em comparação com a coluna d'água, (ESTEVES, 2011).

Comumente as concentrações de metais traço nos sedimentos encontram-se em concentrações ppm (parte por milhão) enquanto os mesmos na coluna d'água apresentam concentrações em ppb (parte por bilhão), (ESTEVES, 2011). Por estas

razões os sedimentos são considerados verdadeiros sumidouros. Atualmente inúmeros trabalhos têm usado os sedimentos como indicadores ambientais, uma vez que mudanças meteorológicas podem ocasionar diversas alterações físico-químicas no sistema aquático e liberar para a coluna d'água os contaminantes por eles retidos. Aparte dos fenômenos naturais, a prática da dragagem, recurso muito utilizado para desassoreamento do leito de reservatórios, apresenta elevado risco de contaminação da coluna d'água, uma vez que os revolvimentos dos sedimentos podem colocar em suspensão diversos metais que se encontram adsorvidos nas paredes dos argilominerais. Dentre as alterações ocasionadas pelo aporte de água pluvial no reservatório estão a estratificação ou destratificação da coluna d'água, relacionadas às mudanças no gradiente de pH, temperatura e oxigênio dissolvido, entre outros parâmetros. Esses parâmetros físico-químicos desempenham um papel importante na biodisponibilização dos elementos traço nocivos a biota e outros contaminantes como compostos organoclorados e hidrocarbonetos aromáticos policíclicos retidos nos sedimentos ou solubilizados na água intersticial (LIMA et al., 2001).

Face ao exposto, assume-se que os sedimentos dentro dos ambientes aquáticos atuam como uma membrana semipermeável extremamente dinâmica disponibilizando nutrientes, íons e solubilizando metais traço, conforme o pH e potencial redox do meio, influenciado pela matéria orgânica e atividade microbiana. É relevante destacar a importância dos sedimentos como indicadores ambientais. Nem sempre contaminações pontuais (ex. efluentes industriais, domésticos, chorume proveniente de aterros sanitários, despejos de mineração) e/ou difusas (atmosfera, carreamentos provenientes de tributários, águas lixiviadas que percolam no entorno do corpo d'água em direção à calha do rio) são detectadas em análises da coluna d'água (ESTEVES, 2011). Isto se deve à rápida diluição e difusão promovida pela correnteza e as condições de densidade e temperatura do corpo d'água que auxiliam a sua distribuição e diluição. Desta ressalta-se assim a

importância das análises dos perfis sedimentares como forma de obtenção dos registros de contaminação pontual ou difusa sofrida pelo corpo d'água.

4.2 CRITÉRIOS DE AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DOS SEDIMENTOS

O valor guia adotado pela resolução CONAMA n ° 454 de 1 de novembro de 2012 para sedimentos dragados (CONAMA, 2012) estabelece diretrizes e procedimentos para a avaliação de material testemunhado baseada nos parâmetros estabelecidos pelo Conselho Canadense do Ministério do Meio Ambiente (CCME, 1999, 2002), o qual se fundamenta na proteção à vida aquática através da avaliação da qualidade dos sedimentos. Os critérios de avaliação são divididos em 5 classes de qualidade (Ótima, Boa, Regular, Ruim, Péssima) apoiados nos valores dos índices identificado pela sigla TEL (do inglês para *threshold effect level*), que indica o nível abaixo do qual não ocorre efeito adverso à comunidade biológica; e o PEL (do inglês para *probable effect level*), que é o nível acima do qual é provável a ocorrência de efeito adverso à comunidade biológica. A faixa entre o **TEL** e o **PEL** representa uma possível ocorrência de efeito adverso à comunidade biológica. A qualidade **ÓTIMA** é determinada quando os diversos contaminantes apresentam valores inferiores ao TEL; **BOA**, concentrações acima de TEL, mas, inferior a 50% a distância entre TEL e PEL; **REGULAR** acima de TEL, superior a 50% da distância entre TEL e PEL, mas inferior a PEL; **RUIM** valor entre PEL e até 1,5 vezes o PEL; **PÉSSIMO** valor superando 1,5 vezes o valor de PEL.

A Figura 12 e a Tabela 7 resumizam a relação entre os níveis de concentrações dos diversos metais traço e a sua classificação de acordo com índice de qualidade da água estabelecido pela CCME.

Figura 12 - Classificação de contaminantes químicos em 5 faixas de qualidade com critérios de TEL e PEL

Tabela 7 - Classificação de contaminantes em sedimentos de água doce estabelecida a partir de TEL

QUALIDADE	ÓTIMA	BOA	REGULAR	RUIM	PÉSSIMA
As (µg/g)	< 5,9	5,9 - 11,5	11,5 - 17,0	17,0 - 25,5	> 25,5
Cd (µg/g)	< 0,6	2,1 - 2,1	2,1 - 3,5	3,5 - 5,3	> 5,3
Pb (µg/g)	< 35,0	35,0 - 63,2	63,2 - 91,3	91,3 - 137,0	> 137,0
Cu (µg/g)	< 35,7	35,7 - 116,4	116,4 - 197,0	197,0 - 295,5	> 295,5
Cr (µg/g)	< 37,3	37,3 - 63,7	63,7 - 90,0	90,0 - 135	> 135,0
Hg (µg/g)	< 0,170	0,17 - 0,328	0,328 - 486	0,486 - 0,729	> 0,729
Ni (µg/g)	< 18,0	0,18 - 27	0,27 - 36,0	36,0 - 54,0	> 54,0
Zn (µg/g)	< 123	123 - 219	219 - 315	315 - 473	> 473

Fonte: CONAMA 454/2012

4.3 ELEMENTOS TRAÇO

Cerca de 99% da crosta terrestre é constituída, basicamente, por 10 elementos químicos, a saber: O, Si, Al, Fe, Ca, Na, K, Mg, Ti e H. Esses elementos ocorrem como constituintes primários de rochas ígneas, metamórficas e sedimentares e, por isso, são excelentes indicadores da variabilidade natural dos solos (HUISMAN, 1997).

Entre os demais elementos químicos, destacamos os elementos traço que se encontram em concentrações menores que 0,1% da composição de uma rocha (WHITE, 2013). Entre os elementos traço mais importantes dentro dos ecossistemas podemos citar: Prata (Ag), Arsênio (As), Boro (B), Bário (Ba), Berílio (Be), Cádmio (Cd), Cobalto (Co), Cromo (Cr), Cobre (Cu), Flúor (F), Mercúrio (Hg), Manganês (Mn), Molibdênio (Mo), Níquel (Ni), Chumbo (Pb), Antimônio (Sb), Selênio (Se), Estanho (Sn), Tálho (Tl), Vanádio (V), Zinco (Zn).

Elementos traço ocorrem naturalmente em ambientes terrestre e aquático. Os contribuintes naturais para os ambientes aquáticos são o intemperismo de rocha que compõe a bacia hidrográfica, a lixiviação no perfil do solo no entorno do corpo d'água e a atmosfera. As fontes antropogênicas são resultado de atividades no entorno como, agropecuária, mineração, emissão de efluentes indústrias e domésticos (GUILHERME et al. 2005), e ocorrem também via atmosfera, por transporte eólico de partículas e aerossóis (ESTEVES, 2011).

Alguns dos elementos traço integram processos biológicos importantes, sendo considerados micronutriente ou elementos essenciais por participarem de vias metabólicas integrantes da estrutura de certas proteínas e como cofatores enzimáticos. Estes elementos se encontram em baixíssimas concentrações dentro dos organismos como é o caso do Zn, Cu, Br, F e Se. No caso do elemento Fe apesar de não ser considerado elemento traço por ser encontrado em abundância na natureza, é considerado um micronutriente e/ou elemento essencial, (Fe integra o grupo Heme da hemoglobina e faz parte da ferredoxina; Fe e Cu fazem parte de citocromos, Mg é elemento integrante da clorofila) (NELSON & COX, 2011).

Estes elementos embora sejam essenciais a realização de processos biológicos representa uma ameaça em potencial à vida quando se encontram em concentrações elevadas, tanto para a biota aquática como terrestre. A tabela 8 traz uma relação entre elementos essenciais e sua participação em enzimas integrantes de vias metabólicas. Outros elementos traço que não participam de processos

biológicos são geralmente tóxicos mesmo encontrando-se em concentrações traço como: Hg metilado, Pb, Cd, Ag, Cr e Sn (ESTEVES,2011).

Tabela 8 -Elementos traço essenciais e sua participação nas enzimas

ELEMENTOS	ENZIMAS
Cu^{+2}	Citocromo oxidase
Fe^{+2} Fe^{+3}	Citocromo oxidase, peroxidase e catalase
K^{+}	Piruvato quinase
Mg^{+2}	Hexoquinase, glicose-6-fosfatase,piruvato quinase
Mn^{+2}	Arginase, ribonucleotídeo redutase
Mo	Dinitrogenase
Ni^{+2}	Urease
Se	Glutathiona peroxidase
Zn^{+2}	Anidrase carbônica, desidrogênase alcólica, carboxipeptidase A e B

Fonte: NELSON & COX (2011)

4.3.1 ELEMENTOS TRAÇO: DO MEIO AOS SEDIMENTOS

Os elementos traço nos sedimentos de ambientes aquáticos ocorrem naturalmente por deposição atmosférica, lixiviação e/ou da erosão natural dos solos que compõe a bacia hidrográfica (ESTEVES, 2011).

Existem situações em que a presença de metais em ambientes aquáticos pode ser potencializada, colocando em risco a qualidade da água e ameaçando a vida aquática (FÖRSTNER, 1976). A seguir detalhamos as principais interações:

1. Aporte de substâncias quelantes naturais ou sintéticas (hemoglobina, clorofila, proteínas, carboidratos, EDTA) que se complexam a compostos metálicos presentes no meio aquático e sedimentos

liberando-os para a coluna d'água (ZITKO & CARSON, 1972). Alguns metais quelantes como Cu, Ni, Hg, Cd e Mg são complexados com ácido nitrilotriacético presente nos detergentes, ganhando maior estabilidade no ambiente aquático (CHAU & SHIOMI, 1972);

2. Valores baixos de pH, influenciam na diminuição e a absorção de metais pelas argilas e oxi-hidroxi de Fe, Al e Mn, a qual promove sua solubilidade e permanência na coluna d'água; (LOCKWOOD & CHEN, 1973);
3. Grau de eutrofização: em ambientes eutrofizados ocorre a diminuição das concentrações de oxigênio dissolvido formando um ambiente anóxico e reduzido e, por sua vez, provoca a diminuição da complexação dos oxi-hidróxidos de Fe, Al e Mn causando a dissolução e aumento na solubilidade e liberação dos metais para a coluna d'água (JENNE, 1968). Entretanto, a sua toxicidade e mobilidade dependerão da espécie química e do tipo de ligação (GLEYZES et al. 2002).

Os metais-traço no ambiente aquático são transportados na forma dissolvida na coluna d'água, ligados a material particulado de origem orgânica ou inorgânica sob a forma de coloides (composto formado por processos químicos e biológicos de dimensões entre 0,01 a 0,5 μm) (GIANNINI & MELO, 2009) ou por absorção e/ou adsorção em argilas, silte fino e matéria orgânica (LEITE, 2002). Esses elementos ligam-se através de ligações covalentes ou eletrostáticas promovidas pela presença de óxi-hidróxidos de Fe, Mn e Al e por troca catiônica, especialmente em matéria orgânica por meio de grupos funcionais carboxílicos e fenóis carregados negativamente (ESTEVES, 2011).

Após a revolução industrial, a ação antrópica (através da produção em larga escala do uso de defensivos agropecuários, atividade indústria e efluentes domésticos) aumentou exponencialmente as concentrações de metais no ambiente terrestre, aquático e atmosférico (ZHENLI et al., 2005; OLIVEIRA COTTA et al. 2005;

LACERDA & MARINS 2006; OLIVEIRA & MARINS, 2011). Essa relação pode ser constatada na Tabela 9 que expõe a forte interferência antrópica nas concentrações de metais no ambiente atmosférico.

Tabela 9 - Emissões atmosférica de elementos traço em tonelada ano-1 (segundo SALOMONS & FÖRSTNER, 1984; NRIAGU, 1979 e WIESEL, 1981)

ELEMENTO	FONTE					
	POEIRA	AEROSOL MARINHO	QUEIMADAS (NATURAIS)	VULCÕES	TOTAL DE FONTES NATURAIS	ANTRÓPICA
Cu	12	0,8	0,3	3,6	15,98	56
Pb	16	5	0,5	6,4	27,9	449
Zn	25	10	2,1	7	44,1	314
Cd	0,1	0,4	0,012	0,52	1,032	7,3

No reservatório de Salto Grande na margem direita é observada a predominância de culturas de cana de açúcar, laranja e pastoreio, e é sabido que atividades agropecuárias fazem uso excessivo de fertilizantes, pesticidas, e defensivos agrícolas, liberando no meio, quantidades significativas de Zn, Cu, Co, Cd na forma de fosfatos pelos fertilizantes e Zn, Mn, Fe e Ni pelos pesticidas (GIMENO- GARCIA, 1996). Na margem esquerda predominam áreas urbanas e de fruticulturas (LEITE, 1998; ESPINDOLA et al., 2004), ocorrendo maior liberação de esgotos domésticos o qual concentra quantidades consideradas de Cu, Zn, Pb, Cd. Importante destacar que o rio Atibaia, principal tributário do reservatório em estudo, apresenta no seu entorno ao longo do seu percurso alta densidade urbana e industrial, principalmente no seu trecho inferior. Polo petroquímico REPLAN, SHELL Química do Brasil (produção de agrotóxicos entre 1975 e 1993), Rhodia do Grupo Solvay do Brasil, todas instaladas no município de Paulínia a montante do reservatório; além da presença de indústrias metalúrgicas, alimentícias e têxteis (ZANATA & ESPÍNDOLA 2002). A queima de carvão mineral e petróleo, utilizados como fontes de energia pelas indústrias, promovem a liberação de diversos metais (As, Hg, Pb,

Cr, Zn, Ti, Ni, V, C) em forma de vapor ou adsorvido ao material particulado emitido para a atmosfera e posteriormente sendo depositado nas águas superficiais e no solo (parte deste é incorporado ao solo e parte é lixiviado pelas águas até as calhas dos rios e lagos). Outro fator preponderante é o uso de algicida (comumente CuSO_4) para o controle de algas, em determinadas épocas do ano. O uso de algicida eleva drasticamente as concentrações de Cu no ambiente aquático e consequentemente diminui a produção de fotossíntese.

A presença microbiana é também um fator de destaque. Processos de biossíntese realizados por microrganismos contribuem para o aumento da retenção de metais, biodisponibilidade e aumento da toxicidade; como no caso do Hg o qual sofre processos de metilação na presença de matéria orgânica e de microrganismos, ocasionando aumento da sua toxicidade. As bactérias sulfurosas presentes em rizosferas promovem a redução dos sulfetos formando pirita (FeS_2). A sua vez, a presença de pirita associada à matéria orgânica em um meio redutor propicia a complexação de metais presentes na coluna d'água, fomentando a sua precipitação e aumento da concentração nos sedimentos, (ANDRADE & PATCHINEELAM, 2000). Assim temos que ambientes anóxicos/redutores são importantes depósitos de metais tóxicos e uma matriz controladora da sua biodisponibilidade (MORSE 1995 apud ANDRADE & PATCHINEELAM, 2000).

O caminho que os materiais alóctones percorrem até se depositarem nos corpos d'água são bastante complexos como demonstrado no fluxograma da Figura 13, podendo ocorrer resuspensão e redeposição, adsorção e complexação do mesmo.

Figura 13 – Fluxograma dos metais traço em ambiente aquático

Fonte: Modificado de OLIVEIRA & MARINS (2011).

Contudo, vários autores afirmam que a concentração total de metais no solo e nos sedimentos pode não refletir sua biodisponibilidade e sua ecotoxicidade nos sistemas aquáticos (LIMA et al., 2001; GLEYZES et al., 2002; SAHUQUILLO et al. 2003; ŽEMBERYOVÁ, et al. 2006; OLIVEIRA & MARINS, 2011). Dessa forma, a concentração de metais nos sedimentos deve ser relativizada, no sentido de que também preciso compreender sua real biodisponibilidade dentro do ecossistema aquático.

4.3.2 TOXICIDADE DOS ELEMENTOS TRAÇO

A toxicidade dos elementos traço se encontra relacionada não somente com as concentrações destes na fonte (natural ou antrópica), mas aos processos de migração, distribuição e interações que sofrem no meio ambiente. No caso dos ambientes aquáticos os elementos provenientes de fontes naturais ou antropogênica, são submetidos a processos biogeoquímicos que alteram a especiação do elemento promovendo maior ou menor solubilidade, mobilidade e biodisponibilidade para o macro e microbiota (SPARKS, 2005).

Neste cenário é oportuno mencionado caso do mercúrio, que quando ganha o ambiente aquático na forma de íons Hg^+ , tiocianato de mercúrio, sal ($\text{Hg}(\text{SCN})_2$) ou como composto orgânico (fenilmercúrio) não apresenta-se tão nocivo quanto na sua forma metilada (metilmercúrio) proporcionado pela ação de microrganismo presentes no meio aquático.

A biodisponibilidade de elementos traço e substâncias xenobióticas como hidrocarbonetos aromáticos policíclicos (PAHs), organoclorados como bifenilas policloradas (PCBs, pesticidas) são de extrema preocupação para a saúde da biota

aquática e terrestre pela sua propriedade de bioacumulação na cadeia trófica. Trazem altos prejuízos ao meio ambiente, desde a perda da biodiversidade até danos irreversíveis em alguns casos para a espécie humana. A Tabela 10 apresenta uma síntese dos principais metais contaminantes, suas fontes e efeitos toxicológicos.

Tabela 10 - Elementos metálicos, suas fontes e efeitos tóxicos na saúde humana. Fontes: SPARKS (2005), CONAMA 454/2012, CETESB, 2012

ELEMENTOS	FONTE NATURAL	FONTE ANTRÓPICA	CONAMA 454/2012	EFEITOS TÓXICOS
As	Encontrado sob forma de sulfeto e associado a minerais Au, Cu, Pb, Fe, Ni, Co, (arsenopirita). Na fusão de minerais de Au, Cu, Pb e Co se obtém trióxido de arsênio (As_2O_3)	Fundição, aplicação de agrotóxicos. Pilhas, combustão de carvão e madeira e incineração de lixo.	<5,9 mg/kg	Dor abdominal, vômito, diarreia, vermelhidão da pele, dor muscular e fraqueza. Dormência e formigamento das extremidades, câibras e pápula eritematosa. Estudos relatam lesões dérmicas, como hiper e hipopigmentação, neuropatia periférica, câncer de pele, bexiga e pulmão, e doença vascular periférica
Cr	Eskolaite (CrO_3) Cromite ($FeCr_2O_4$)	Microcondutores, fertilizantes, Sucatas, efluentes inds.	<37,0 mg/kg	Dermatites, úlceras, carcinoma pulmonar e gástrico, distúrbios sistemas nervoso e imunológico.
Cu	Calcocita (Cu_2S), Calcopirita ($CuFeS_2$), Cu^0 , Cu^{2+} , CuO , Complexado a subst. Húmicas	Indústrias metalúrgicas, eletrônica, piro metalúrgica, Refinaria de tratamento de madeiras, pesticidas, mineradoras sucatas e aterro sanitário.	<35,7 mg/Kg	Distúrbio gastrointestinal, anemia hemolítica, Insuficiência hepática e renal.
Fe	Minério de Fe complexado a óxidos, sulfetos, silicatos, hematitas, magnetitas, cromita, pirolusita, e psilomelana cassiterita e bauxita.	Metalúrgicas, mineradoras, siderúrgicas, Indústria química, Sucatas e aterros sanitários.	VNR	Distúrbio gastrointestinal, manchas dentárias. Esofagite, Gastrite, duodenite e úlceras.

Tabela 11 - Elementos metálicos, suas fontes e efeitos tóxicos na saúde humana. Fontes: SPARKS (2005), CONAMA 454/2012, CETESB, 2012

ELEMENTOS	FONTE NATURAL	FONTE ANTRÓPICA	CONAMA 454/2012	EFEITOS TÓXICOS
Mn	MnO, silicatos, minérios Pirolusita MnO_2 Rodocrosita $MnCO_3$	Metalúrgicas, siderúrgica piro metalúrgica, Química, têxtil fósforos, pilhas, fertilizantes.	VNR	Neurotóxico, cefaleias, distúrbios gástricos, tosses, "manganismo" promove o Parkinsonismo.
Ni	Presente em diversos minerais Niquelina, Cuproníquel e Arsenitode níquel em meteoritos formando liga metálica com o Fe.	65% do Ni é empregado na fabricação de aço inoxidável 12% em superligas de Ni e 23% produção de outras ligas metálicas, baterias recarregáveis, catálise, cunhagens de moedas, revestimentos metálicos e fundição	<18,00mg/kg	Intoxicações, mesmo leves, por níquel podem causar sintomas como dores, febre, insônia e náuseas. Bronquite crônica, diminuição da função pulmonar e câncer nos pulmões e seios nasais.
Pb	Galena PbS , argilominerais	Mineradoras, Inds. Automobilística, sucatas, aterrossanitarios	<35,00mg/kg	Distúrbio gastrointestinal, hematológicos, Osteoporose e retardo mental, Esterilidade e fraqueza.
Zn	Esfalerita ZnS Willemite Zn_2SiO_4 Smitsonite $ZnCO_3$	Mineradoras, Inds. Metalúrgica, siderúrgica, eletro piro metalúrgica têxtil,pesticida, sucatas e aterros sanitários.	<123mg/kg	Em caso de ingestão, promove distúrbios gástricos, letargia e ataxia. Em excesso pode ocasionar neurotoxicidade, mal de Alzeimer, Anemia e osteoporose.

4.4.SEDIMENTOS DO RESERVATÓRIO SALTO GRANDE

Nos estudos e levantamento de dados realizados por DORNFELD (2002) e através de trabalhos anteriores: SHIMIZU, (1981); THOMAS, (1987); LEITE, (1998); TONISSI (1999); ZANATA, (2000); TEIXEIRA (2000); observa-se um consenso nas conclusões e nos resultados obtidos das análises efetuadas nos sedimentos superficiais e testemunhagem rasa do RSG. De acordo com a classificação dos sedimentos em função da concentração de matéria orgânica (UNGEMACH, 1960) os sedimentos do RSG são considerados misto, variando de orgânico (teor de matéria orgânica acima de 10% do seu peso seco) na porção central, ao longo do reservatório no sentido longitudinal (desde montante a jusante até a barragem); e inorgânico nas margens (teor de matéria orgânica inferior a 10% do seu peso seco).

De modo geral os reservatórios comportam-se como grandes bacias de decantação, exibindo um aumento da concentração de argilas para jusante acompanhando a queda do gradiente hidráulico. Além da fração granulométrica dos sedimentos, também é possível observar variações das variantes físico-químicas no sentido montante-jusante ou montante-barragem (ESPINDOLA, et al. 1998). Aproximadamente 90% do material em suspensão que entra pelo Rio Atibaia é retido na porção mais a montante do reservatório. Estima-se um aporte deposicional de 72,0Kg/m ano, com taxa de sedimentação próxima de 8 cm/ano na cabeceira (a montante) e 3 cm/ano na barragem (jusante). Eleva-se, assim, a preocupação com o rápido índice de assoreamento o que resulta em baixa estimativa de vida útil do RSG, avaliada em, aproximadamente, 31 anos (LEITE, 1998).

As concentrações de fósforo (P) e nitrogênio (N) presentes nos sedimentos do RSG variam longitudinalmente, decrescendo no sentido montante-barragem (LEITE, 2002). Partindo da porção montante do reservatório até as imediações da barragem a taxa de retenção de N decresce de 7 para 1,5 g/m²/dia. O mesmo é observado para o P que decresce de 280 para 112 g/m²/dia (LEITE, 2002). Essa acentuada variação

no sentido longitudinal aponta para o rio Atibaia como o maior contribuinte de P e N para o reservatório. Destaca-se que além da deposição de N e P os materiais em suspensão seguem o mesmo comportamento longitudinal, seguindo gradiente decrescente de concentração no sentido Rio Atibaia/ barragem. Estes resultados demonstram o papel de destaque que o Rio Atibaia e, principalmente o uso do solo no entorno do rio (atividade agropecuária, principalmente plantação de cana e pelos efluentes domésticos e industriais) tem no controle da qualidade da água e dos sedimentos do RSG.

4.5. ELEMENTOS TRAÇO NOS SEDIMENTOS DO RSG

Os elementos traço são, entre os contaminantes, um dos mais preocupantes pelo fato de se complexarem com o material particulado e a matéria orgânica, acumulando-se nos sedimentos e na biota aquática, assim, concentrando-se na cadeia trófica, (TONISSI, 2004).

O RSG contém nos seus sedimentos concentrações de metais traço maior que a concentração média dos folhelhos mundial (rocha sedimentar de origem detrítica, que pertence ao subgrupo das rochas argiláceas): Cd 10 vezes, Cu 3 vezes e Zn de 2 a 1,5 vezes (DORNFELD, 2004). A Tabela 12 apresenta uma comparação dos valores de concentração de metais nos sedimentos do RSG obtidos em trabalhos anteriores com os valores médios registrados mundialmente em folhelhos (TUREKIAN & WEDEPOHL, 1961). Embora o trabalho de TUREKIAN & WEDEPOHL (1961) não apresenta o desvio padrão dos resultados, nem apresenta um intervalo de variação para as concentrações, os valores das concentrações medidas auxiliam na determinação de um referencial para estimar o grau de contaminação entre um meio antropizado e um não antropizado. Figuram entre os principais fatores responsáveis pela toxicidade dos sedimentos o pH, concentrações de NH_3 (amônia), seguido da presença de compostos orgânicos bifenilas policloradas (PCBs) e hidrocarbonatos aromáticos policíclicos (PAHs) e elementos traço, tais como Cd, Cr, Ni, Cu e Zn (BOTTA-PASCHOAL, 2004).

Observa-se na tabela 11 que, a exceção do Mn, todos os demais elementos apresentam concentração média acima dos valores de referência obtidos para os folhelhos (TUREKIAN & WEDEPOHL, 1961).

Tabela 12 - Médias das concentrações de metais totais dos sedimentos secos avaliados em estudos preliminares no reservatório da RSG. Os valores em vermelho indicam teores acima do referencial estabelecido para a média mundial dos folhelhos e solos

PONTOS	METAIS (mg/Kg ⁻¹)								AUTOR
	Cd	Cr	Cu	Fe	Mn	Ní	Pb	Zn	
1	1,24	41	122	87.900	376	71	51	750	ESPÍNDOLA et al. (1998)
2	0,9	24	71	92.266	366	38	37	220	
3	0,6	19	42	86.920	550	25	30	90	
4	0,8	17	80	101.380	30	27	34	116	
5	0,6	14	77	52.390	10	24	24	60	
Concentração média	3,36	74,3	131	56.617	530	-----	54	131	LEITE (2002)
Concentração máxima	9,52	140	226	72.680	781	-----	-----	232	DORNFELD (2002)
Folhelho (média mundial)	0,3	90	45	46.700	850	68	20	95	TUREKIAN & WEDEPOHL (1961)

Fonte: Modificada de TONISSI (1999) e DORNFELD (2002)

4.4 PESTICIDAS ORGANOCLORADOS (POCS)

Entre os hidrocarbonetos halogênicos os organoclorados são considerados os mais preocupantes por serem produtos tóxicos, de difícil biodegradação, hidrofóbicos e lipofílicos, acarretando bioacumulação e biomagnificação sendo persistentes no meio ambiente e por isso denominado de poluentes orgânicos persistentes (POPs). Os organoclorados são substâncias químicas sintéticas compostas de hidrocarbonetos clorados (Figura 14). Estes compostos orgânicos

sintéticos recebem a denominação de pesticidas, praguicidas, agrotóxicos, biocidas ou defensivo agrícola (LARA & BATISTA, 1992). As propriedades físico-químicas e a toxicidade dos organoclorados dependem da posição e do número de átomos de cloro na molécula. São produzidos dois tipos de classes de organoclorados com propriedades químicas distintas: i) os de baixo peso molecular e ii) os de alto peso molecular. Os primeiros são voláteis e apresentam menor índice de toxicidade, bioacumulação e são encontrados em concentrações menores em ambientes aquáticos. Como exemplo cita-se os solventes industriais (diclorometanos, cloreto de vinil) e clorofluorcarbonos (CFCs).

Os de alto peso molecular (pesticidas e bifenilos policlorados) apresentam maior toxicidade devido a sua lipofilicidade, penetrando mais facilmente pela camada lipídica das membranas celulares causando assim bioacumulação nos tecidos através da cadeia trófica (CLARK, 1992). Estes compostos são classificados como interferentes endócrinos (IEs). Os IEs competem com os hormônios endógenos pelos receptores do sistema endócrino, podendo agir como mimetizadores dos hormônios naturais e hiperestimular os receptores (efeito agonista), ou atuar como bloqueadores do receptor, inibindo sua resposta aos hormônios endógenos (efeito antagonista). Atuam como agentes exógenos que interferem na síntese, secreção, transporte, metabolismo, ligação ou inibição dos hormônios naturais do corpo que são responsáveis pela manutenção da homeostase, reprodução, desenvolvimento e comportamento dos organismos.

A presença destes compostos nos ambientes aquáticos permite a biodisponibilidade dos poluentes que acabam sendo incorporados pela fauna local atingindo as espécies de topo de cadeia trófica ocasionando a biomagnificação (NELSON & COX, 2011). A União Europeia estende os efeitos adversos dos IEs à descendência dos organismos expostos (transporte pelo leite materno, por exemplo).

Estes compostos foram sintetizados com a finalidade de controle de pragas nas atividades agropecuárias. Os primeiros compostos utilizados com esta finalidade foram sais de arsênio, sulfatos de cobre e cianetos; usados principalmente nas culturas de algodão, café, milho e cana. Após a 2ª Guerra Mundial inicia-se a

produção em escala mundial de compostos orgânicos sintéticos como β HCH (β Hexaclorociclohexano) de baixo custo e eficaz no controle de pragas. Entretanto, devido aos malefícios causados a saúde pública (resíduos tóxicos de organoclorados) e passivo ambientais ocorrida em plantas industriais. Como exemplo de contaminação industrial envolvendo compostos organoclorados temos o caso da empresa SHELL do Brasil fabricante de agrotóxicos instalada no município de Paulínia – SP. (MELO et al., 2010)

Este caso é particularmente pertinente para o estudo de contaminantes no RSG haja vista que a contaminação ocorreu em uma região próxima ao Rio Atibaia. O caso da contaminação de organoclorados promovido pela SHELL do Brasil no município de Paulínia é fato emblemático para a região. O passivo ambiental foi marcado por diversos casos de câncer em humanos decorrentes da contaminação do aquífero subterrâneo da área do entorno da indústria, no bairro Recanto dos Pássaros. A fabricação de agrotóxicos por parte da SHELL do Brasil ocorreu entre os anos de 1975 e 1993. No Brasil o Ministério da Agricultura veta o uso de organoclorados através da portaria 329, de 02/09/85; na década anterior (1970) os Estados Unidos já tinham proibido a produção e uso do β HCH. (ARAÚJO et al., 2000)

Figura 14 - Estruturas moleculares de pesticidas organoclorados

4.6 BIFENILAS POLICLORADAS (PCBS)

As bifenilas policloradas (sigla em inglês PCBs) são compostos químicos sintetizados artificialmente, fórmula química $C_{12}H_{10-n}Cl_n$. É um hidrocarboneto aromático composto por dois anéis de benzenos com adição de átomos de cloro, permitindo de 1-10 substituições possíveis e diferentes na posição do átomo de cloro na molécula de bifenila, possibilitando a formação de 209 moléculas diferentes (Figura 15). Como mencionado acima é produto de fonte antrópica utilizado na fabricação de fluidos dielétricos, capacitores e transformadores elétricos, turbinas de transmissão de gás, fluidos hidráulicos, resinas plastificantes, adesivos, sistemas de transferência de calor, aditivo anti-chama, óleos de corte e lubrificantes. Devido a serem lipofílicas e apresentarem alta lipofilicidade, as bifenilas são altamente tóxicas, promovendo bioacumulação e biomagnificação através da cadeia trófica sendo caracterizadas como POPs. Devido aos vários efeitos adversos à saúde humana, a partir de 1981 pela Convenção de Estocolmo sobre Poluentes Orgânicos Persistentes, da qual o Brasil é signatário, o comércio, produção e uso de PCB é proibido no Brasil. Entretanto, é possível ainda encontrar estes compostos no meio ambiente através de incineração de aterros sanitários e em antigos transformadores e capacitores (CETESB, 2012).

Figura 15 - Representação gráfica da estrutura química da molécula de bifenila policloradas PCB, indicando as possíveis substituições do átomo de cloro

4.7 HIDROCARBONETOS AROMÁTICOS POLICÍCLICOS (HPAS)

Hidrocarbonetos policíclicos aromáticos (HPAs) são, por definição, compostos binários formados por carbono e hidrogênio, com 2 ou mais anéis aromáticos, de 5 ou 6 átomos de carbono (Figura 16). Os HPAs podem apresentar heteroátomos associados em sua estrutura, como os derivados nitrados (NHPAs) e os oxigenados (OHPAs) (NETO et al., 2002).

Os HPAs são encontrados associados a material particulado fino em spray atmosférico, ambientes aquáticos e solos, pela sua ubiquidade encontra-se em todos os compartimentos ambientais. Dentro das fontes naturais dos HPAs, pode ser citada a queima espontânea de florestas e emissões vulcânicas, na diagênese, na biossíntese de bactérias, algas e vegetais superiores, além de serem integrantes naturais do petróleo e de carvão (BOUROTTE et al., 2009). Entretanto, as fontes naturais correspondem a apenas 10% das emissões totais. As fontes antrópicas dos HPAs ocorrem nos processos de combustão de material orgânico (particularmente a exaustão de motores a diesel ou a gasolina), a queima de carvão, nas fotocopiadoras, a exaustão de plantas de incineração de rejeitos, a fumaça de cigarro além de vários processos industriais como, por exemplo, a produção de alumínio e a gaseificação do coque (LOPES et al., 2004).

Os HPAs são altamente lipossolúveis e rapidamente absorvidos pelos pulmões, intestinos e pele de humanos e demais animais. Uma vez absorvidos pelas células, os HPAs são metabolicamente ativados e, desta maneira, tornam-se reativos a grupos nucleofílicos presentes em macromoléculas celulares, sendo muitos deles e/ou seus derivados potencialmente carcinogênicos e ou/ mutagênicos pela formação de adutos de DNA considerados essenciais na carcinogenicidade química por estes xenobiontes (Figura 18). Também são considerados IEs devido à característica da estrutura espacial da molécula de certos HPAs serem semelhantes à estrutura molecular de alguns hormônios esteroides, provocando algum tipo de interferência no sistema endócrino (Figura 16, Figura 17), (NETO et al., 2002).

Figura 16 - Hidrocarbonetos Policíclicos Aromáticos (HPAs) prioritários em estudos ambientais de acordo com a Agência de Proteção Ambiental dos Estados Unidos (USEPA 2000)

Figura 17 - Estrutura química de estrogênios naturais e sintéticos

Figura 18 - Representação esquemática dos diferentes mecanismos de formação de adutos entre PHAs e DNA. Fonte: NETO et al. (2002)

4.8 MAGNETISMO AMBIENTAL

O magnetismo ambiental utiliza diferentes parâmetros magnéticos, aplicados em um contexto geológico, climático e ambiental. Alterações ambientais, tais como as induzidas por oscilações climáticas operantes em diferentes escalas de tempo, frequentemente influenciam o regime de transporte, deposição e/ou processos digenéticos em sedimentos e solos de origem natural ou antropogênica (e.g. EVANS & HELLER, 2003; LIU et al., 2012), com reflexo em parâmetros magnéticos de interesse e demais características dos portadores magnéticos presentes nas amostras (e.g., concentração e/ou tamanho e forma do grão, substituição catiônica, direções preferenciais de transporte sedimentar, etc.). Tais informações podem ser obtidas via emprego de técnicas experimentais para estudos de mineralogia e magnetismo de materiais que permitem o estabelecimento de relações entre a mineralogia magnética presente com possíveis mecanismos de variação ambiental nos mais diferentes contextos.

Por sua vez, esses parâmetros servem como indicadores de mudanças em horizontes estratigráficos naturais ou antropogênicos. Para VEROSUB & ROBERTS (1995) o magnetismo ambiental divide-se em três ramos: I) estudos dos processos físicos ocorridos nos ambientes deposicionais refletido pelos registros geológicos dos minerais magnéticos. (II) estudo dos processos que levam a variação dos minerais magnéticos depositados em ambiente sedimentares, fluviais e marítimos devido a contribuições eólicas, terrígenas e glaciogênicas. III) estudo das mudanças e transformações in situ dos minerais magnéticos, por diversos processos (e.g. pedogênese, formação autigênica/diagênica de fases ferromagnéticas, dissolução de minerais magnéticos em ambientes sedimentares) e contribuições de biomagnetismo ao magnetismo sedimentar, assim como o fenômeno de aumento de magnetismo por influência antrópica. Esta associação entre elementos magnéticos naturais e contaminantes permite analisar as relações entre parâmetros magnéticos e concentrações dos metais traço presentes no ambiente sedimentar, atuando como um indicador das características magnéticas dos minerais presentes no ambiente (CHAPARRO, 2006).

A integração das análises químicas com as análises magnéticas permite uma melhor avaliação das contribuições naturais e as de origem antrópicas nos sedimentos do testemunho do reservatório estudado neste trabalho.

4.8.1 SUSCEPTIBILIDADE MAGNÉTICA (χ)

A susceptibilidade magnética (SM) de baixo campo (χ) é um indicador de composição da mineralogia magnética da amostra. Medidas de susceptibilidade em temperatura ambiente em diferentes frequências e em baixas e altas temperaturas auxiliam na descrição da composição e das possíveis variações da mineralogia magnética em diferentes ambientes. A susceptibilidade magnética é definida como:

$$\chi = \frac{\mu_0 M}{B} \quad (\text{SI – Sistema Internacional})$$

onde:

M é a magnetização,

B é a intensidade do campo aplicado;

μ_0 permeabilidade magnética no vácuo.

A grandeza χ é adimensional. No entanto, usualmente usa-se a normalização de χ pela massa da amostra. As substâncias com susceptibilidade magnética negativa são chamadas de diamagnéticas e as substâncias com susceptibilidade positiva são chamadas de paramagnéticas (e.g. KITTEL, 2006).

4.8.2 MAGNETIZAÇÃO REMANENTE NATURAL (MRN)

A magnetização remanente natural (MRN) é adquirida por uma rocha (ígnea, sedimentar ou metamórfica), artefato arqueológico ou sedimentos quando esses são formados, abandonados ou depositados. A MRN pode ser uma magnetização termo

remanente (MTR) que é adquirida quando uma rocha ígnea ou metamórfica (alto grau) e artefatos arqueológicos feitos que sofreram aquecimento. A MRN pode também ser uma magnetização remanente deposicional (MRD) que corresponde à magnetização adquirida quando uma rocha sedimentar é formada ou quando sedimentos são depositados em determinados ambientes (e.g. TAUXE, 2010). No caso de sedimentos, a magnetização corresponde a uma MRD. A MRD pode ser utilizada como indicador de mudança de composição e deposição em um determinado local.

4.8.3 MAGNETIZAÇÃO REMANENTE ISOTÉRMICA (MRI)

Uma forma de separar as diferentes fases magnéticas é por meio da aquisição de magnetização remanente isotérmica (MRI). As curvas de MRI são determinadas por meio da aplicação de um campo magnético uniaxial em passos sucessivamente crescentes. A MRI aumenta com o aumento do campo magnético aplicado até a saturação da magnetização na amostra, adquirindo assim uma magnetização remanente isotérmica de saturação (MRIS ou Mrs) de cada fase magnética (ou mineral magnético). Assim, essa técnica é muito útil para a identificação granulométrica e concentração dos minerais magnéticos presentes, bem como para correlacionar amostras contendo minerais magnéticos comuns, mas derivados de diferentes fontes, uma vez que se sabe que as amostras naturais ou antropogênicas contêm inevitavelmente misturas de minerais magnéticos, tamanhos de grão e estados de oxidação distintos (e.g. DUNLOP & ÖZDEMİR, 1997).

4.8.4 MAGNETIZAÇÃO REMANENTE ANISTERÉTICA (MRA)

Os grãos monodomínio (SD) estáveis apresentam baixos valores de susceptibilidade ferromagnética (χ_{ferri}), mas tem a propriedade de registrar uma

magnetização remanente (e.g. DUNLOP & ÖZDEMİR, 1997). A remanência desses grãos, chamada de magnetização remanente anisterética (MRA), é adquirida por um material quando exposto a um campo magnético alternado (e.g. AF = 100 mT) com um campo direto parcial (e.g. DC = 50 μ T). A MRA é proporcional ao campo DC, de maneira que frequentemente se utiliza a susceptibilidade da MRA (χ MRA) para estimativa das mudanças no tamanho de grão magnético. A relação entre a χ MRA e χ fd (ou χ fd%) é usada para determinar a concentração de grãos SP e SD estáveis. A χ MRA está linearmente relacionada com o campo DC, porém, essa premissa vale apenas para campos de até ~80 μ T (TAUXE et al., 2010).

4.9 TECAMEBAS

De acordo a classificação clássica de BÜTSCHL, (1880-1889, apud ADL et al., 2005), o Filo Protozoa é dividido em Sarcodina (organismos ameboides), Sporozoa (grupo parasitas), Mastigophora (espécies flageladas) e Infusoria (Ciliados). Contudo, devido a várias inconsistências, detectadas principalmente por estudos moleculares, essa classificação foi abandonada (CAVALIER – SMITH, 2002).

A partir de 2005, com a publicação de “The New Higher Level Classification of Eukaryotes with Emphasis on the Taxonomy of Protists” por ADL et al. (2005) e, posteriormente em 2012, com a publicação de “The Revised Classification of Eukaryotes” pelos mesmos autores, a filogenia de protistas ganhou um novo panorama (Figura 19).

Figura 19 - Classificação de protistas segundo ADL et al. 2012. Observar o novo grupamento para Amoebozoa e SAR (Rhizaria, Alveolata, Rhizaria)

O novo agrupamento, além de diminuir drasticamente a parafilia entre os diversos grupos, em especial as Tecamebas, separou Amebozoa de Foraminífera em domínios distintos (Tabela 26). Por exemplo, foram criados os domínios Amorphea (dividido em Amebozoa e Opisthokonta) e Diaphoretickes (formas diversas, incluindo o supergrupo SAR, composto por Stramenopilos, Alveolata e Rhizaria) (Tabela 26).

Tabela 13 - Domínios de Eukariota e seus respectivos super grupos

	Super grupos	Exemplos
Eukaryota	Amorphea	Amoebozoa Tubulinea Mycetozoa
		Opisthokonta Fungi Choanomonada Metazoa
		Apusomonada
		Breviata
		Excavata Metamonada Malawimonas Discoba
	Diaphoretickes	Cryptophyceae
		Centrohelida
		Telonemia
		Haptophyta
		Stramenopiles
	SAR	Alveolata
		Cercozoa
		Foraminifera
		Radiolaria
	Archaeplastida	Glaucophyta Rhodophyceae Chloroplastida
	<i>Incertae sedis</i> Eukaryota	<i>Incertae sedis</i>

Essa nova filogenia foi baseada principalmente em análises moleculares de sequências de DNA codificadoras de RNA ribossômico (rRNA), uma vez que a presença ou ausência de carapaças, bem como a morfologia das mesmas, não pode ser considerada como sinapomorfias capazes de agrupar taxa relacionados.

A partir desse novo trabalho de revisão, foi esclarecida a posição filogenética dos diversos grupos denominados, anteriormente, de forma genérica de tecamebas. Portanto, as tecamebas podem ser definidas como um grupo parafilético de

protozoários ameboides, dotados de carapaças, ubicados no Super-Grupo Amebozoa, Grupo Tubilinea, Sub-Grupo Testaceas, Família Arcellenidea.

4.9.1 CONCEITO DE ESPÉCIES EM TECAMEBAS

Em um raciocínio simplista, teoricamente não seria adequado utilizar o conceito de espécies para tecamebas, visto que a maioria dessas se reproduzem assexuadamente, sendo, portanto, clones. De modo geral, linhagens assexuadas tendem a apresentar tempo de vida curto, devido ao acúmulo de mutações deletérias (MULLER, 1964; JUDSON & NORMAK, 1996).

Contudo, tecamebas são conhecidas no registro fossilíferos há milhões de anos, formando, portanto, taxa de longa duração temporal (PORTER et al., 2003).

Essa bem sucedida história evolutiva das tecamebas, deve-se provavelmente ao fato de que algumas tecamebas possuem reprodução sexuada alternada com assexuada, como *Arcella vulgaris*, *Trinemalineare*, *Corythiondubium*, *C. orbicularis*, *C. delamarei* (RAIKOV et al., 1989; MIGNOT & RAIKOV, 1992; YUDINA & SUKHANOVA, 2000). Outra consideração importante é o fato de que o último ancestral comum de eucariotos já possuía reprodução sexuada (DACKS & ROGERS, 1999; SPEIJE; Ret al., 2015). Logo a falta deste caráter em muitas taxa implica múltiplas vezes na perda desta característica, o que do ponto de vista evolutivo e filogenético teria uma probabilidade muito pequena de ocorrência, uma vez, que, como já foi discutido o grupo tecameba é parafilético.

Ao revisarem os padrões de variação morfológica em tecamebas, BOBROV & MAZEI, (2004) afirmaram que o grau de variabilidade das diversas características morfológicas analisadas é determinado pelo genoma do indivíduo e encontraram pelo menos três tipos distintos de agrupamento de espécies. A) populações monomórficas (e.g. *Cyclopyxis eurystoma* v. *parvula*); B) populações polimórficas com caracteres correlacionados (*Diffflugia urceolata*, *D. corona*, *Assulina muscorum*) e C) populações com alta plasticidade fenotípica, caracteres não correlacionados e elementos de distribuição discreta (*Diffflugia oviformis*, *Waillesia boracensis*). Desta forma espera-se encontrar uma ampla gama de variações fenotípicas em uma

espécie em função do habitat que esta ocupe, e assim, diferentes espécies possuem diferentes graus de variabilidade morfológica em diferentes microambientes.

Portanto, os tipos morfológicos existentes agrupam-se ao redor de um pequeno número de picos adaptativos que foram determinados pelas condições ecológicas do meio ambiente. Estes picos adaptativos poderiam ser considerados como pequenas elevações dentro da paisagem dimensional criada por Wright, permitindo uma ampla variação morfológica, pois caso contrário, o valor adaptativo do genoma no alto de um pico elevado faria com que a pressão de seleção para as demais variantes fosse aumentando a probabilidade de serem eliminadas. Pelo exposto torna-se possível, a utilização do conceito de morfoespécies definido por FINLAY et al., (1996) e FINLAY, (1998).

De acordo com SCHWIND et al.,(2013), atualmente linhas de pesquisas tem sido desenvolvidas seguindo três correntes específicas: primeiro correlacionando morfologia e biometria com ecologia das espécies (TODOROV, 2002), levando a uma segunda linha de pesquisa, que relaciona espécies em uma abordagem ecológica, centrada na dinâmica de populações (VELHO et al., 2003; ALVES et al., 2008, LANSAC-TÔHA et al., 2014) e, uma terceira abordagem voltada para o uso de técnicas moleculares a fim de resolver questões taxonômicas diferentes morfotipos com base em análises moleculares (GILBERT et al., 2003; HEGER et al., 2010. OLIVERIO et al., 2014; TEKLE et al. 2016. FUČÍKOVÁ & LAHR., 2016)

Na presente dissertação foram utilizadas características morfológicas para a separação das espécies uma vez que as amostras retiradas dos sedimentos correspondem à tanatocenose, impossibilitando análises moleculares. Apesar deste não ser o cenário mais ideal para se detectar as diferentes espécies, informações obtidas por meio de tanatocenose, por sua vez, permitem detectar variações bióticas e abióticas em uma escala temporal mais ampla (DULEBA 1999b).

4.9.2 BIOLOGIA

Como citado anteriormente, as tecamebas originaram-se no Éon Proterozoico, há aproximadamente 750 milhões de ano AP (PORTER & KNOLL, 2000; DULEBA et al. 2004, GOMES E SOUZA, 2008).

Essas primeiras formas proterozoicas apresentam morfologia muito semelhante à dos Arcelinídeos, embora devessem possuir uma ecofisiologia muito diferente das espécies atuais (PORTER et al. 2003). Os arcelinídeos atuais são encontrados exclusivamente em água doce e salobra, ao passo que as formas proterozoicas viviam em ambientes de água salgada, capazes de precipitar carbonatos e fosfatos.

As tecamebas são protozoários ameboides protegidos por carapaça unilocular, também denominada teca ou testa (MEDIOLI & SCOTT, 1983; PCHELIN, 2010). Tecas, que têm a função de proporcionar proteção mecânica e resistência contra predação e condições ambientais adversas (BOOTH, 2001), podem ser classificadas como autogênicas (ideogênicas) ou xenogênicas. As primeiras, secretadas pelo próprio organismo, são lisas e proteicas, podendo ser dotadas de placas silicosa ou, raramente, calcárias. Estas testas são dificilmente preservadas no registro fossilíferos. Já as tecas xenogênica são formadas por aglutinação de partículas do meio (e.g., frústulas de diatomáceas, grãos de quartzo e silicatos) sobre um cimento autogênico. Ao contrário das autigênica, são resistentes a ambientes com pH baixos, sendo frequentemente fossilizável (MEDIOLI & SCOTT 1988; OLIVEIRA, 1999; TÖRÖK, 2001; GOMES E SOUZA, 2008).

As tecas apresentam diferentes tamanhos (10µm até 900µm) e formas, o que caracteriza os morfotipos, principal caráter de identificação das tecamebas. Segundo GOMES E SOUZA (2008), as tecamebas podem apresentar variações em seu formato e tamanho, em função do ambiente e/ou estresse biótico e/ou abiótico onde vivem. Acredita-se que características fenotípicas sejam determinadas geneticamente, validando a utilização da forma das tecas para identificação de espécies (BOBROV & MAZEI, 2004).

Com relação aos tipos de formatos, as tecas apresentam-se em formas que lembram ânforas, potes e boinas ou cubas achatadas, globulares, piriformes, com ou sem espinhos ou cornos, podendo ser selecionadas em três grandes grupos de tecas em forma de 1) de boinas ou cubas (*Arcella*, *Centropyxis*), 2) de ânfora (*Diffugia*, *Pontigulasia*) e 3) variável, com duas (*Amphitrema*) ou numerosas aberturas (*Mississippiella*) (DULEBA et al., 2005).

Também possuem diferente coloração, amareladas, marrom, acinzentadas, pretas, translúcida ou opaca, é notado que as mais velhas adquirem coloração mais intensa devido a presença de óxidos de ferro e manganês na parede das tecas (GOMES E SOUZA, 2008).

As tecas possuem geralmente uma abertura única denominada pseudostoma pela qual permite o espalhamento e o contato do pseudópodo com o ambiente externo OGDEN & HEDLEY, 1980; MEDIOLI & SCOTT, 1988; OLIVEIRA, 1999; DULEBA, et al., 2005; GOMES E SOUZA, 2008; BOBROV & MAZEI, 2004 consideram o pseudostoma a principal forma de interação do organismo com o meio ambiente, e enfatizam a sua importância na identificação das espécies, por ser um caractere muito variável. Ainda segundo esses autores, o formato do pseudostoma pode ser dentado, triangular, estrelado, lobado, circular, oval.

Tecamebas apresentam prolongamento citoplasmático, formando pseudópodos lobosos; sendo este caráter muito relevante para a identificação de espécie. Os pseudópodos têm a função de captura de alimentos e locomoção. Devido à presença de vacúolos de gás no interior de suas carapaças, as tecamebas têm capacidade de rápida evacuação do local, deslocando-se do fundo até a superfície em casos de adversidades do meio, o que permite também a sua dispersão (TORRES, 1996; OLIVEIRA, 1999; DULEBA, et al. 2005; GOMES E SOUZA 2008).

As tecamebas têm predominantemente reprodução assexuada por fissão binária, que permite a formação de dois organismos idênticos (clone) (OGDEN & HEDLEY, 1980; MEDIOLI & SCOTT 1988; PATTERSON & KUMAR 2002; OLIVEIRA, 1999; BOBROV & MAZEI 2004; DULEBA, et al. 2005; LAHR et al. 2011) (Figura 20).

Segundo OGDEN & HEDLEY (1980) se reproduzem uma vez a cada dois a onze dias.

Figura 20 - Divisão assexuada por fissão binária da tecameba *Euglypha* sp.

Casos de exuviação (i.e, troca do exoesqueleto na fase de crescimento do organismo) não são raros em tecamebas; sendo observados e descritos por PÉNARD (1902), CHARRET (1963; 1964), HEGNER (1919) em *Arcella dentata* cultivadas em laboratório. Consiste na produção de uma nova teca sem ocorrer a divisão nuclear, deste modo o organismo (a célula) migra para a nova teca abandonando a velha teca. Também há a ocorrência de formação de uma nova teca sem ocorrer a divisão nuclear e a migração do corpo celular, este fenômeno foi observado em aproximadamente 1% dos indivíduos, (HEGNER, 1919).

As tecamebas são de vida livre, sem formas parasitárias (GOMES E SOUZA, 2008), com ciclo de vida relativamente curto (algumas semanas) (MEDIOLI & SCOTT, 1988; PCHELIN, 2010). Em períodos de adversidades do meio (e.g., falta de nutrientes ou ausência de oxigênio), as tecamebas podem encistar por vários anos, formando uma membrana cística na abertura da teca (pseudostoma) que permite guardar material de reserva (PATTERSON & HEDLEY, 1992; FINLAY, 1998; GOMES E SOUZA, 2008).

4.9.3 ECOLOGIA

A importância ecológica das tecamebas reside no fato de ocuparem diferentes nichos ecológicos demonstrando alta plasticidade adaptativa (BOBROV & MAZEI

2004), por se encontrarem na base e no topo da cadeia trófica consumindo e pela vasta distribuição nas diferentes latitudes do planeta sendo consideradas cosmopolitas por vários autores (PÉNARD 1902; THOMAS & GAUTHIER-LIÈVRE, 1959; MEDIOLI & SCOTT, 1983, 1988; FINLAY et al., 1996; CHARMAN, 1999; CRUZ, 2004; GOMES E SOUZA, 2008).

Tecamebas são protozoários heterotróficos que participam do nível trófico basal se alimentando tanto de forma osmotrófica (consomem matéria orgânica dissolvida) ou como holozóica por fagocitose, através dos pseudópodos (ingerem bactéria, material particulado, algas, fungos, diatomáceas e outros microrganismos). Algumas espécies são consideradas predadoras por consumirem outras espécies de tecamebas, protistas, rotíferos e até micros crustáceos. Também servem de alimento para outros protozoários, rotíferos, micros crustáceos, artrópodes, e até mesmo pequenos peixes, como também participam dos níveis superiores da cadeia trófica como decompositores, capazes de decompor celulose e lignina (ALEKPEROV & SNEGOVAYA, 2000; GOMES E SOUZA, 2008; GALLEG0-NEYRA et al., 2014).

Em suma as tecamebas são organismos que possuem características que as tornam um bom modelo para estudos ecológicos, devido a sua abundância em muitos ecossistemas aquáticos continentais, alta produção de biomassa, tamanho do organismo e ciclo de vida curto (HARDOIM, 1997).

As tecamebas habitam solos úmidos, turfas, pântanos, corpos de água lóticos (rio, córregos, estuários), lênticos (lagos naturais ou artificiais, charcos, brejos, pântanos, cavernas, águas represadas) e semilóticos (reservatórios, mangues, lagoas costeiras). São encontradas na interface solo-água (brejos, pântanos), água-planta (associadas às raízes de plantas aquáticas, briófitas), água-ar (aerossóis), fontes de águas termais, em casca de árvores e musgos (COLEMAN et al., 1977; MEDIOLI & SCOTT, 1983; FOISSNER, 1987; DULEBA, 2004, 2005; GOMES E SOUZA 2008).

A maior abundância e riqueza foram identificadas nos ambientes de água doce, segundo BONNET (1974) 80% das espécies conhecidas foram identificadas em ambientes aquáticos (rios e lagos), associadas a macrófitas no plâncton (coluna

d'água) ou aos sedimentos (bentos) nos corpos d'água. Ocupam ambientes em todas as latitudes desde os trópicos até os polos (BOLTOVSKOY & LENA, 1966)

Também vivem em diferentes pH, águas doces, salobra, mixohalinas, ambientes aquáticos oligotrófico, eutróficos, hipertróficos e poluídos por metais ou águas residuais, (ASIOLI et al., 1996; DULEBA et al. 2004; GOMES E SOUZA, 2008). Entretanto em ambientes aquáticos, foram obtidos diferentes respostas na preferência de habitat entre a zona pelágica e a bentônica; para LENA & ZAIDENWERG (1975) as tecamebas tem preferência pelos bentos e ocasionalmente através de processos hidrodinâmicos migram para o plâncton.

Diversos trabalhos (VELHO et al., 1999; LANSAC-TÔHA et al., 2004; LANSAC-TÔHA et al., 2008; LANSAC-TÔHA et al., 2009; ALVES et al., 2007; ALVES et al., 2012) mostraram maior densidade populacional na zona pelágica, demonstrando serem as espécies preferencialmente planctônicas. Entretanto em trabalhos posteriores (MATTHEUSSEN et al., 2005; LANSAC-TÔHA et al., 2007; ALVES et al., 2012) obtiveram maiores índices populacionais associados a vegetação marginal e aos sedimentos, além de mostrarem que as comunidades de tecamebas em cada habitat (plâncton, sedimentos e macrófitas) eram diferentes. Assim LANSAC-TÔHA et al. (2014) em trabalho comparativo das comunidades de tecamebas presente em habitat bentônico, planctônico e macrófitas flutuantes, no Lago Guaraná (Rio Grande do Sul), descreveram a ocupação dos diferentes habitats por diferentes comunidades de tecamebas, mostrando alta correlação entre a morfologia das carapaças e o tipo de habitat ocupado.

ALVES et al., (2012) relacionam a morfologia das carapaças a determinados habitat (plâncton, macrófitas aquáticas e sedimentos). LANSAC-TÔHA et al. (2014) demonstraram que é possível criar-se uma lista de espécies indicadoras para cada ambiente, e também é possível a utilização da morfologia das carapaças como indicadores ambientais.

4.9.4 INTERAÇÕES ECOLÓGICAS

Devido às diferentes latitudes e ambientes que se encontram, as tecamebas são consideradas cosmopolitas (PÉNARD, 1902; MEDIOLI & SCOTT, 1983; FINLAY et al. 1996; CRUZ, 2004).

PÉNARD (1902) e DECLOÏTRE (1953) propuseram prováveis mecanismos de dispersão por pássaros, aerossóis e ventos, correntes de rios, permitindo-lhes acesso a diferentes ambientes. Contudo, a rede de interações bióticas e abióticas e a capacidade adaptativa determinam as preferências ambientais, riqueza e abundância das espécies. Neste sentido o gênero *Diffugia* é apontado como o mais abundante em corpos d'água, no plâncton, nos sedimentos e em associações com macrófitas; seguido por *Arcella* e *Centropyxis*. (HEAL, 1962; GRACIA, 1972; TODOROV, 2008; LANSAC-TÔHA et al., 2007).

BOLTOVSKOY & LENA, (1974) mencionam maior desenvolvimento e preferência das tecamebas em ambientes com águas tranquilas (corpos d'água lênticos), com sedimentos constituídos por grãos mais finos, argilosos e menos consolidados associados à presença de macrófitas e detritos orgânicos. Destacam que em ambientes lóticos ocorrem maior abundância das espécies maiores, mais robustas e com apêndices (cornos e/ou espinhos) estruturas que dificultam seu deslocamento (*Diffugia lobostoma*, *D. argentinensi*, *D. pyrifonnis*, *D. viscidula*). Esses dados foram corroborados pelo estudo (BOLTOVSKOY & LENA, 1971).

No entanto, ocorrem divergências com as observações obtidas nos estudos realizados na Bacia do rio Peruaçu por GOMES E SOUZA (2008), que mostraram haver maior abundância das espécies com tamanhos menores em ambientes lóticos (30-800µm), onde 84% dos espécimes se encontraram entre 50-150µm; indicando que ocorrem outros fatores que interagem nas relações ecológicas entre o meio e o desenvolvimento do organismo.

Para BOBROV & MAZEI (2004), populações de uma mesma espécie em diferentes ambientes podem diferir umas das outras não só quanto ao tamanho, mas também quanto ao grau de correlação entre os diferentes caracteres fenotípicos,

umentando o espectro da variabilidade morfológica e a capacidade de adaptação ao meio, e ocupação dos distintos habitats.

O padrão de variabilidade morfológica é resultante da expressão de vários genes, apresentando tanto variações contínuas quanto discretas. De tal modo os morfotipos agrupam-se ao redor de um limitado número de picos adaptativos sob a influência de diferentes fatores ecológicos. Para melhor ilustrar cita-se o exemplo do pseudostoma, o diâmetro do pseudostoma, normalmente tem uma correlação fraca com os outros parâmetros, tamanho e forma da teca, acredita-se que baixos coeficientes de correlação indicam que algumas das características da teca possa variar independentemente das demais.

Assim estas características poderiam servir como ferramentas para adaptação aos diferentes fatores limitantes do meio ambiente, de tal forma que a adaptação às condições ambientais se dá por uma gama de fenótipos expressos e não apenas por simples aumento ou diminuição proporcional do tamanho da testa (BOBROV & MAZEI 2004).

Outros fatores bióticos (concentração de nutrientes, presença macrófitas, microrganismos) e abióticos (temperatura, salinidade, oxigênio dissolvido, pH, entre outros), além da hidrodinâmica das águas (ambientes lóticos, lênticos), influenciam a rede de interações ambientais. Estes fatores influenciam no desenvolvimento dos diferentes taxa, conduzindo à formação de populações mais adaptadas a determinado ambiente; promovendo polimorfismo (alta variabilidade fenotípica dentro de uma mesma espécie). Este fenômeno é demonstrado por ALVES, et al. (2007) que descreve diferentes dimensões para a mesma espécie amostrada e descrita por diferentes autores em diferentes meios, por LANSAC-TÔHA et al. (2014) relacionando morfologia ao habitat, FERREIRA et al. (2006) e BOLTOVSKOY & LENA (1974) associando morfologia a hidrodinâmica, e endemismos como o caso de *Centropyxis rioplatensis* e *Diffugia argentinensis*.

BOLTOVSKOY & LENA (1974) e MEDIOLI & SCOOT (1983) afirmam que a fauna Arcellacea é caracterizada por habitar locais onde a salinidade é baixa, como os rios e lagos. Entretanto, em zonas estuarinas com teores de salinidade até 5% foi observado por diversos autores o predomínio de *Diffugia* e *Centropyxis*

compartilhando o mesmo habitat com foraminíferos, *Miliammina fusca*, (DULEBA, 1997; DULEBA et al., 2004, 2005; LAUT et al. 2005; LANSAC-TÔHA, et al. 2007, Velho et al., 1999; OLIVEIRA, 1999; SEMENSATTO-JR & BRITO, 2004; CRUZ, 2004). BOLTOVSKOY & LENA (1974) amostraram *Diffugia pyriformise* D. *viscidula* na porção final do estuário do Rio de la Plata onde os teores de salinidade alcançam 25%. Demonstrando a alta capacidade adaptativa das espécies destes gêneros.

MORACZEWSKI (1962), HEAL (1964), MURRAY (1967), BOLTOVSKOY & LENA (1974), DULEBA et al. (2004), LAUT et al. (2005), LANSAC-TOHÂ et al. (2007), apontam para a influência da temperatura e sazonalidade na abundância das espécies de tecamebas; onde obtiveram maior abundância nas estações quentes de primavera e verão. Entretanto, outros parâmetros ambientais parecem interferir, visto nos resultados obtidos no trabalho de LEÃO et al. (2007) onde a maior abundância foi obtida valores de pH baixo de 5,8 e na estação fria (inverno).

BOLTOVSKOY & LENA (1974) associaram os índices de maior abundância à temperatura que geralmente favorece ao aumento de eventos reprodutivos e aumento na disponibilidade de alimentos. Neste cenário é importante enfatizar outros fatores abióticos como os meteorológicos que compõem a rede de interações ecológicas. A estação quente em certas regiões está associada à secas, assim com a diminuição dos índices pluviométricos ocorre aumento nos teores de salinidade e diminuição da riqueza e abundância dos morfotipos de tecamebas que são sensíveis ao aumento da salinidade DULEBA (2004). Por outro lado, estações com aumento nos índices pluviométricos além de diminuir teores de salinidade, principalmente nas regiões costeiras e estuários, promovem o turbilhonamento dos sedimentos e consequente aumento na disponibilidade de nutrientes para o plâncton, que propicia maior vantagem para os eventos reprodutivos (BOLTOVSKOY & LENA, 1974).

BOOTH (2001), obteve uma boa correlação de tamanho da testa com parâmetro ambiental, (pH do meio), no caso o gênero *Nabelatincta*, *N. parvula*, *N. collaris* com. Os trabalhos de BOOTH (2001); VELHO et al., (1999, 2003), LANSAC-TÔHA et al. (2004, 2008, 2009), LEIPNITZ et al., (2006), ALVES et al., (2007, 2012) e LANSAC-TÔHA et al., (2014), mostraram uma rede complexa de interações entre parâmetros ambientais e o genoma dos protozoários em questão, resultando numa

ampla plasticidade fenotípica (eg. polimorfismo morfológico); interpretada como capacidade intrínseca que confere vantagem adaptativa ao organismo.

Salienta-se que fatores meteorológicos por sua vez interferem também na produção de macrófitas, decomposição da matéria orgânica, alteração nos teores de oxigênio dissolvido, condutividade, potencial redox, do pH, influenciando na abundância e riquezas das espécies. Demonstra-se que os fatores não ocorrem isolados, eles interagem e a mudança de um interfere nas diversas interações entre meios bióticos e abióticos, formando uma rede complexa e dinâmica de interações no espaço e tempo, não cartesiano, mas sim quântica, uma vez que assume um espaço e tempo multidimensional de probabilidades de interações.

4.9.5 FLUTUAÇÕES POPULACIONAIS

Numerosos autores têm demonstrado que em diferentes nichos ecológicos aparecem diferentes comunidades de tecamebas (BOLTOVSKOY & LENA, 1974; MEDIOLI & SCOOT, 1983; ALVES et al., 2008; GALLEGO-NEYRA et al., 2014).

Segundo o teorema de MORAN (1953) duas populações de uma mesma espécie, geograficamente separadas apresentam um sincronismo temporal se as variabilidades ecológicas que atuam sobre ambas forem iguais. Assim também é lícito afirmar que caso não haja um sincronismo temporal entre ambas é porque existem variantes locais bióticas e/ou abióticas distintas para cada população. Seguindo esta premissa (VELHO et al., 1999; BOBROV & MAZEI, 2004; ALVES et al., 2008), ressaltaram as flutuações espaço temporais, revelando a influência e sensibilidade das populações de tecamebas à hidrodinâmica e interações com o ambiente não somente aos fatores abióticos como também bióticos dentro do ecossistema.

Em ambientes aquáticos, principalmente costeiros e ambientes estuarinos, que sofrem influxos de águas marinhas salinas através das marés e da sazonalidade, pode ser observado o fenômeno das flutuações populacional refletido na variação da abundância e riqueza das populações, influenciadas pelo aporte das águas marinhas num determinado espaço tempo (BOLTOVSKOY & LENA, 1974; VELHO,

1999; OLIVEIRA, 1999; DULEBA et al., 2004, 2005; SEMENSATTO et al., 2004; ALVES et al., 2008; LEÃO et al., 2009; e LEIPNITZ et al., 2014).

Também em ambientes aquáticos continentais é bem observado este processo de dinâmica populacional, onde estes ambientes sofrem a influência da sazonalidade e ocorrem variações significativas dos índices de temperatura e pluviometria, períodos de estiagem, insolação, disponibilidades de nutrientes os quais por sua vez promovem alterações em diferentes fatores abióticos (pH, concentração de O₂, potencial redox, nitratos, fosfatos, amônia) e bióticos (comunidade de zooplâncton e macrófitas), afetando a abundâncias e riquezas das espécies que compõem as populações de tecamebas (HARDOIM & HECKMAN, 1996; VELHO, 1999; VELHO et al., 2003).

4.9.6 BIOINDICADORES

A característica de curto tempo geracional destes protozoários lhes confere respostas rápidas a mudanças das condições ambientais. Assim eventos de curta duração temporal como oscilações de temperaturas, disponibilidade de nutriente, hidrologia, entre outros, são refletidos na abundância e riqueza das suas populações tornando-os excelentes bioindicadores paleoambientais (SCOTT & MEDIOLI, 1983; Mc CARTHY et al., 1995; CHARMAN, 2001; SWINDLES, et al., 2015).

Por sua vez tecamebas são organismos que se encontram bem preservados nos sedimentos e fornecem informações do paleoambiente (Mc. CARTHY et al., 1995), (EICHLER – COELHO et al., 1997), indicando variações do nível do mar do passado recente (CHARMAN, et al., 2001), sendo seus fósseis indicadores encontrados nos sedimentos modernos do Quaternário (ESCOBAR & MARTINEZ, 2002).

Devido a sua abundância, grande variedade e produção de biomassa, ampla distribuição geográfica, preferências por ambientes fluviais, potencial de preservação em sedimentos lacustres e diferentes respostas ao estresse ambiental. Tecamebas vêm, cada vez mais, sendo utilizadas como indicadores paleoambientais e de

monitoramento da qualidade das águas (BOOTH, 2002; TODOROV, 2008). Por sua vez em “se tratando de tanatocenose, o estado de preservação das testas constitui também uma ferramenta importante para identificação da fauna local” (CRUZ, 2004).

QIN et al. (2009), sugerem a utilização das comunidades fossilíferas de tecamebas como indicadores na reconstituição das flutuações de pH em paleohidrologia.

Assim devido à capacidade de resposta às mudanças ambientais e a sensibilidade às variações dos fatores abióticos tecamebas tornam-se excelentes indicadores das condições ambientais (SCHONBORN, 1992), (BOOTH, 2001), podendo indicar variações de: **I)** pH do meio(BOOTH, 2001; LEÃO et al., 2007; QIN et al., 2013); **II)** salinidade (CLOSS, 1964; DIAS-BRITTO et al., 1988; EICHLER & BONETTI, 1995; DULEBA, 1999a; OLIVEIRA, 1999; DULEBA et al., 2003; DULEBA et al., 2004; LAUT et al., 2005); **III)** temperatura (MORACZEWSKI, 1962; HEAL, 1964; BOLTOVSKOY & LENA, 1974; VELHO et al., 1999; DULEBA et al. 2004 a; LEÃO et al., 2007; FARROOQUI et al., 2012); **IV)** sedimentos, teores de oxigênio dissolvido e nutrientes disponíveis(OLIVEIRA 1999; DULEBA et al. 2005); **V)** ações antropogênicas como, poluição dos corpos d’água por metais traço, mostrando alta sensibilidade em resposta a agentes contaminantes.

No tocante a impactos antrópicos, vários estudos têm indicado o uso de tecamebas como bioindicadores de poluição PATTERSON et al., (1996) e PATTERSON & KUMAR (2000 a b) observaram sensível diminuição na riqueza e abundância de *Centropyxis aculeata*, *Centropyxis constrictae* *Arcella vulgaris* em lagos do Canadá contaminados por arsênio (As) e mercúrio (Hg). O mesmo foi observado em estudos realizados em populações de tecamebas associadas à briófita *Sphagnum fallax*, que apresentaram diminuição de biomassa devido ao aumento nos teores de Fe, Pb, Cr, Al e NO₂ (ONIANWA, 2001; NGUYEN-VIET et al., 2008; BOOTH 2001; XU, M. et al., 2005; MEYER et al., 2012).

Além de excelentes indicadores de ações antropogênicas, as tecamebas são bons indicadores paleoclimáticos e paleoecológicas. Por meio das flutuações populacionais de *Centropyxis aculeata*, *Diffugia oblonga*, *D. corona*, *D. urceolata*, *D. basillifera*, *Pontigulasia compressa*, observadas em testemunhos, Mc. CARTHY et

al. (1995) conseguiram reconstituir a evolução paleoambiental da região dos últimos 10.000 anos das regiões lacustres da Escócia.

Inúmeros trabalhos de ecologia sobre Tecamebas mencionam as diversas correlações destes organismos com seu habitat. E apontam para distintas interações relacionando morfologia, tamanho, abundância e riquezas das espécies com o meio (LANSAC-TÔHA et al., 1999; FERREIRA et al., 2006; ALVES et al., 2007).

Atualmente devido às preocupações com os impactos das mudanças climáticas, especialmente no tangente as condições hídricas tornam-se urgente a utilização de indicadores como instrumental no auxílio do monitoramento da qualidade das águas.

A utilização de bioindicadores para o biomonitoramento de sistemas hídricos é menos dispendiosa que a utilização de indicadores físico-químicos que demandam tempo e custo mais elevado para a purificação, qualificação e quantificação. A vantagem que as tecamebas oferecem é ter resposta rápida a introdução de poluentes, por possuírem ciclo de vida rápido, sendo possível amostrar praticamente em tempo real o que acontece no meio ambiente. Também são importantes as biocenoses por eles constituídas para a compressão das alterações das mudanças ambientais tais como o clima, alteração do nível do mar, introdução de poluentes no meio ambiente (MARKERT et al., 2003).

A Tabela 14 apresenta resultado de comunidades de Tecamebas predominantes em ambientes poluídos e contaminados com metais traço. A grande maioria descreve os gêneros *Diffugia* e *Centropyxis* como os mais tolerantes ao estresse ambiental. E é possível observar que o fator abiótico ambiental mais correlacionado em estes trabalhos é o pH que mais influência e modula abundância destes gêneros, como descreve XU et al., (2005) "aumento de níveis de poluentes e dos teores de concentração de metais, alteram fatores físicos químicos ambientais como pH, Oxigênio dissolvido, potencial redox, temperatura, que geralmente reduzem a riqueza das espécies e aumentam a densidade das populações mais tolerantes". Também na Tabela 14 é possível constatar a predominância de *Centropyxis* associado a pH alcalinos (pH altos). Esse gênero é considerado altamente resistente e oportunista em ambientes aquáticos poluídos, ao passo que

os gêneros *Diffugia* e *Arcella* geralmente estão associados a pH ácidos (ou pH baixos) e ambientes eutrofizados ricos em matéria orgânica, (PATTERSON et al., 1996; REINHART et al., 1998; PATTERSON & KUMAR, 2000).

Deve ser ressaltado, que pH alto propicia a insolubilidade e precipitação de metais, diminuindo a sua biodisponibilidade na coluna d'água. Já pH baixo favorece a solubilização de metais na coluna d'água e, por sua vez, maior biodisponibilidade, o que sugere *Arcella* e *Diffugia* serem os gêneros mais resistente e tolerante em ambientes contaminados por metais.

Tabela 14 - Sinopse dos principais trabalhos com tecamebas em ambientes poluídos

AUTOR	PATTERSON et al., 1996	REINHARDT, et al.; 1998	PATTERSON & KUMAR 2000	XU, M. et al 2005	KAUPPILA et al., 2005	. NGUYEN-VIETA, et al 2008	Yang et al., 2011	MEYER et al., 2012	QIN et al., 2013
AMBIENTE	sedimentos. Lagos Crosswise e Peterson- Ontario, Canada	Interfase água-sedimentos. Lagos Canadenses.	Interfase água-sedimentos. Lagos Canadenses	Interfase água sedimento Lago Chao hu da China	Sedimento do Lago Retonen, Finlândia	musgo <i>Sphagnum fallax</i>	brifitas aquáticas China	brifitas de zonas rural, urbanas e industrial noroeste da França	Lagos Dong hu na região de Wuhan, China.
CONTAMINANTES	Principalmente Hg e As provindos de efluentes de mineradoras	Metais traço (Hg, As, Cd, Cr, Cu, Pb, Ni, Ag, e Zn)	Al, Fe, SO ₄	efluentes industriais e doméstico altamente eutrofizado e por metais Pb, Hg, Cr, Cd, As, Cu e (PAH)	Cu, Co, Zn e Ni efluentes de mineradora e lixiviado de solo de floresta	Pb	Hg, As, Cd, Ti, Cu, Zn, e Pb	NO ₂ atmosférico e aerossóis e gases contendo Fe, Pb, Cr e Al	Pb, Hg, Cr, Cd, As, Cu e (PHA). Efluentes industriais e doméstico lagos altamente eutrofizado, agricultura extensiva, pesca e urbanização
GÊNEROS PREDOMINANTES	<i>Centropyxis aculeata</i> , <i>Centropyxis constricta</i> e <i>Arcella vulgaris</i>	<i>Curcubitalia Centropyxis</i> , <i>Diffugia</i> , e <i>Arcella</i>	<i>Arcella</i> , <i>Centropyxis</i> e <i>Diffugia</i>	<i>Centropyxis aculeata</i> , <i>Diffugia oblonga</i> , <i>Pontigulasia compressa</i> , <i>P. elisa</i> e <i>Lesquerousia modesta</i>	<i>Diffugia oblonga</i> , <i>D. protaiformis</i> e <i>Centropyxis aculeata</i>	<i>Halosphenia papilio</i> , <i>Assulina muscorum</i> e <i>Nebela tinctoria</i>	<i>Centropyxis aculeata</i> , <i>Centropyxis discoides</i> , <i>Cyclopypis arcelloides</i> , <i>Euglypha tuberculata</i> , <i>Euglypha laevis</i>	<i>Lesquerousia modesta</i> , <i>Nebela tinctoria</i> e <i>Assulina muscorum</i> ; zona urbana: <i>Archercella flavum</i> , e <i>Lesquerousia modesta</i> ; zona industrial: <i>Lesquerousia modesta</i> e <i>Nebela tinctoria</i> .	<i>Centropyxis aculeata</i> , <i>Diffugia oblonga</i> , <i>Pontigulasia compressa</i> , <i>P. elisa</i> e <i>Lesquerousia modesta</i> .
FATORES AMBIENTAIS CORRELACIONADOS	Termoclina, baixa temperatura e concentração de oxigênio dissolvido, pH e matéria orgânica, salinidade.	Profundidade da coluna d'água, pH, sedimento, vegetação associada, teores de metais traços.	pH e teores de SO ₄ , Al e Fe	Prof. do corpo d'água, pH, Condutividade, (TN), (TP), clorofila e transparência através do Disco de Secchi	pH, potencial redox, razão Fe/Mn	Estudo em cultura de laboratório	Brifita aquática, temperatura	Temperatura, ventos, sazonalidade.	pH e condutividade, profundidade, transparência, NT, PT
MÉTODO DE ANÁLISES	Resultado da análise semi-quantitativa de dispersão de Raios-X (EDS) medida em porcentagem do peso de elemento, em três sítios do lado da abertura de <i>Centropyxis aculeata</i> , <i>Arcella vulgaris</i> e <i>Centropyxis aculeata</i> examinados através de analisador acoplado de raios X- LINK ed. L24, e microscópio de varredura JEOL 6400.	(ICP-AES) espectrometria de emissão atômica por plasma acoplado e (GFAAS). Graphite furnace atomic absorption spectroscopy Analysis (United States Environmental Protection Agency 1990	(ICP-AES) espectrometria de emissão atômica por plasma acoplado e o SO ₄ por cromatografia	abordagem taxonômica por morfotipo, riqueza das espécies	Análises por CP-AES, pH determinado potenciométricamente em solução 1 M de KCl. Sedimentos receberam digestão parcial, segundo protocolo (US EPA, 1994).	As concentrações de Pb no musgo foi extraído através do protocolo (CRM 281, No. 766), e os teores de Pb foram analisados por (GFAAS). espectrômetro de absorção atômica de plasma acoplado	digestão parcial dos sedimentos o produto analisado por (GFAAS). Espectroscopia de absorção em forno de grafite.	Metal traço em brifitas foi analisado por Análise Instrumental de Ativação de neutrão (INAA) e por espectrometria de massa por plasma indutivamente acoplado (ICP-MS). Teores de Al, Cr, Fe, Zn, Ba foram determinados por INAA, e os de Cu e Pb por (ICP-MS). NO ₂ foi analisado por espectrofotometria	Correlação entre variáveis químicas da água foram analisadas em SPSS versão 15.0. Em adição riqueza de espécies foi calculado por índice de Shannon-Wiener e diversidade por (SDI) Para quantificar entre as comunidades de Tecamebas foi realizado por Análises de Redundância (RDA) usando um software de análises estatística

5.0 MATERIAIS E MÉTODOS

5.1 PONTO DE COLETA

A escolha do ponto de coleta do testemunho foi baseada na geomorfologia do reservatório (local com maior taxa de sedimentação), na proximidade da saída de efluentes e de pontos amostrais de trabalhos anteriores realizados no RSG (ESPÍNDOLA, 1998; TONISSI, 1999; LEITE 2002; DORNFELD 2002) (Figura 21, Tabela 15).

Figura 21 - Mapa demonstrativo dos pontos de coleta

Tabela 15 - Descrição das coordenadas geográficas do ponto amostral do testemunho RSG1

Latitude	Longitude	Descrição
22°43'29,4"S	46°13'51,3" W	1º compartimento, entre Saltinho e Salto do Foguete, alta taxa de sedimentação, prof. Max. 14m.

5.2 COLETA DO TESTEMUNHO

O testemunho foi coletado no período de estiagem 27 de maio de 2015, por meio de um testemunhador à gravidade, seguindo a técnica de amostragem da empresa Subgeo - Comércio de Equipamentos Náuticos e Serviços Técnicos Submarinos.

Nessa técnica o cravamento do testemunho é realizado a partir da percussão de um peso que é lançado contra uma haste transversal presa ao tubo amostrador (Figura 22A). A elevação progressiva desse peso, bem como a retirada do testemunho foi controlada por mergulhadores (Figura 22B). O transporte do testemunho foi realizado com extremo cuidado, para evitar a contaminação das camadas inferiores por elementos das camadas superiores, que poderiam percolar entre os sedimentos (Figura 22C e D).

A)

B)

C)

D)

Figura 22– As imagens de A-D descrevem o procedimento da coleta do testemunho sedimentar do Reservatório de Salto Grande Americana SP. A – introdução do tubo amostrador no ponto de coleta; B – retirada do testemunho; C – retirada da camada nefelóide; D – colocação de uma camada de espuma para evitar movimentação dos sedimentos e contaminação entre as camadas. Fonte: próprio autor

5.3 ANÁLISE FÍSICO-QUÍMICA COLUNA D' ÁGUA

Próximo ao ponto de amostragem do testemunho (Figura 23) foram realizadas medidas de parâmetros físico-químicos da coluna d'água do reservatório (1m e a 9m de profundidade), tais como pH, condutividade (μS), potencial redox (mV) e oxigênio dissolvido (mg/l^{-1}) da coluna d'água. A amostragem foi realizada em 27/05/2015, no início do período seco.

As medidas dos parâmetros pH, condutividade e potencial redox foram realizadas por meio de sonda multiparamétrica do fabricante Horiba. As medidas de teor de oxigênio dissolvido foram tomadas a partir de amostras de água coletadas no fundo e próximas a superfície com auxílio de uma garrafa Van Dorn. As determinações foram a partir do titulometria segundo o método de Winkler (Strickland & Parsons, 1965). A Figura 23 ilustra as etapas da manipulação do material coletado.

Figura 23 - Ilustração das etapas da coleta de água. Da esquerda para a direita: 1) preparação da garrafa Van Dorn para coleta de água; 2) Mergulho da garrafa Van Dorn; 3) retirada da garrafa coletora e armazenamento da água coletada; 4) medições de parâmetros físico-químicos da água (pH, potencial redox e condutividade)

5.4 PREPARAÇÃO DAS AMOSTRAS PARA ANÁLISES

A abertura, descrição macroscópica e amostragem do testemunho foi realizada dois dias após sua coleta, no Laboratório Didático do Instituto Oceanográfico da Universidade de São Paulo (IO-USP).

O tubo de PVC foi cortado longitudinalmente com uma serra circular. Para o corte interno, foi utilizado fio de nylon, que permitiu a separação do testemunho em duas partes (Figura 241-6). Após a abertura, foi feita descrição macroscópica

(detalhando textura, coloração dos sedimentos, presença de estruturas sedimentares e componentes biogênicos) e registro fotográfico do testemunho.

Posteriormente foi realizada a coleta para as análises magnetismo ambiental, onde retiradas amostras, na linha mediana do testemunho, a fim de garantir amostra com grãos que não tenham sofrido movimentação e nem contato com as paredes do tubo coletor. O material é coletado em cubetas de acrílico (polímero sintético é polimetil-2-metilpropenoato) de 8 cm³ com uma seta marcando a orientação do testemunho no sentido do topo em direção a base. As cubetas são colocadas em sequência lado a lado como mostra a (Figura 24 7-8). A seguir cada amostra é identificada e posteriormente armazenada em refrigeração (4°C) até a realização das análises.

A coleta de amostras para as demais análises (granulométricas, geoquímicas e biológicas) ocorreu na outra metade do testemunho, realizando seções transversais em intervalos de dois centímetros.

Cada seção dos sedimentos foi armazenada em potes plásticos e/ou de vidro, previamente lavados com detergente “Extran” (Merck), enxaguados com água osmolizada, seguido de imersão em solução de HNO₃ 10% por 12 horas, novamente seguido de um novo enxágue com água osmolizada e secagem em estufa. Após este procedimento as amostras seguiram para o Laboratório Ciências da Terra, da Escola de Artes Ciência e Humanidade da Universidade de São Paulo (EACH-USP), aonde permaneceram sob refrigeração (a 4°C).

No referido laboratório, parte das amostras foi mantida úmida e outra parte foi liofilizada. Antes do processo de liofilização foi calculada a massa úmida e seca, que consistiu em pesar previamente a amostra úmida (recém-coletada) e pesá-la novamente após processo de liofilização.

A massa seca foi utilizada para as análises químicas e granulométricas. Alíquotas extras de massa úmida foram destinadas às análises faunísticas de tectamebas e análises de Magnetismo Ambiental.

1)

2)

3)

4)

5)

6)

7)

8)

Figura 24 – Procedimentos para abertura e coleta dos sedimentos do Testemunho para análises de magnetismo Ambiental: 1 – corte da sessão transversal do testemunho com auxílio de serra de disco; 2 – separação dos sedimentos com auxílio de um fio de nylon; 3-4 – separação das duas meias-canais do testemunho; 5 – 6 – Imagens do testemunho aberto; 7-8 – Amostragem de sedimentos para magnetismo ambiental.

5.5 ANÁLISES GRANULOMÉTRICAS

As análises granulométricas foram realizadas nos Laboratório de Sedimentologia, IGC-USP a partir da técnica de difração a laser. As medidas foram

obtidas no equipamento fabricado pela *Malvern*, modelo *Mastersizer 2000* (Figura 25). O grau de seleção dos sedimentos foi classificado de acordo com o proposto por FOLK & WARD (1957).

A técnica consiste em submeter às partículas dos sedimentos à incidência de um feixe laser, promovendo a difração de luz. A direção do feixe laser gera uma figura de interferência, constituída por faixas claras e escuras. O tamanho da partícula é calculado medindo a distância entre as faixas. O sinal gerado é captado por detectores e enviado para um programa que calcula a faixa granulométrica e reporta os valores dos resultados analíticos em % por volume.

O método consiste em pesar uma alíquota de, aproximadamente, 2g de amostra de sedimentos previamente liofilizados, desagregados e homogeneizados. Em seguida amostra é lentamente despejada em um béquer contendo 1L de água deionizada, sob constante agitação acrescido de 5 gotas de dispersante (pirofosfato de sódio), mantendo o sistema sob efeito de ultrassom, com a finalidade de desagregar as partículas que são direcionadas até um leitor de difração à laser. Os dados obtidos pelo Malvern são encaminhados a um programa que expressa os valores medidos, por meio dos gráficos das porcentagens das diferentes frações granulométricas.

Figura 25—Conjunto do granulômetro MalvernMastersizer 2000 analisador granulométrico do laboratório de Sedimentologia do IGc-USP.

5.6 ANÁLISES QUÍMICAS DOS SEDIMENTOS

As análises químicas dos elementos traço foram realizadas no laboratório de Química Inorgânica Marinha (LaQI Mar), do Instituto Oceanográfico, Universidade de São Paulo (IOUSP).

As amostras previamente liofilizadas foram maceradas e homogeneizadas em almofariz de ágata e então acondicionadas em frascos de polietileno para evitar contaminação e garantir confiabilidade dos resultados analíticos.

A fim de avaliar os elementos potencialmente disponíveis na água, os sedimentos foram submetidos a abertura parcial segundo a metodologia 3050B estabelecida pela Agência de Proteção Ambiental dos Estados Unidos (USEPA, 1996; sigla em inglês para US Environmental Protection Agency). Como demonstrado no fluxograma abaixo, o procedimento consiste na abertura ácida dos sedimentos por meio de solução ácida, ocasionando a solubilização dos metais ligados a carbonatos, óxi-hidróxidos de ferro e manganês, matéria orgânica e argilas, porém

não suficiente para liberar os metais complexados a estrutura cristalinas de minerais e silicatos (MOZETO et al., 2006).

O método 3050B consiste em pesar 1g da amostra de sedimentos secos em balança analítica, seguida de adição de 5ml de ácido nítrico HNO_3 em concentração 1:1 sob aquecimento em chapa a 95°C por 15 minutos. A fim de evitar perda do analito por evaporação foi colocado um vidro relógio sobre o béquer. Após concluída a 1ª etapa adicionou-se cerca de 2,5ml de HNO_3 , mantendo o sistema aquecido por mais 30'. Terminada essa 2ª etapa na ocorrência de vapores de cor marrom, repete-se o mesmo procedimento, com permanência por mais 90 minutos, até completa oxidação da amostra, verificada pela ausência dos vapores de cor marrom. Ao final da 3ª etapa adiciona-se 1 ml de H_2O (Millipore) e 3 alíquotas 1,5 de peróxido de hidrogênio (H_2O_2) a 30%, mantendo o sistema aquecido por 120' até completa eliminação da matéria orgânica. A 4ª etapa é finalizada com adição de 5 ml de ácido clorídrico concentrado (HCl) mantido aquecido por 15 minutos. Após a conclusão da abertura ácida a solução é filtrada em papel de filtro faixa lenta. O filtrado é acondicionado em tubo de Falcon e a solução é diluída até completar o volume de 50 ml. O material de referência e o branco dos reagentes foram processados iguais às amostras. A Figura 26 apresenta o fluxograma com os procedimentos do processo de digestão de amostra

Para a quantificação dos metais presentes na digestão da amostra foi utilizada a técnica de espectrometria de emissão óptica com plasma indutivamente acoplado (ICP-OES), modelo MPX 710-ES da fabricante *Varian*, segundo método SW-846 US EPA 6010c (USEPA, 2006). As determinações dos elementos foram realizadas por meio da emissão espontânea de fótons de átomos gasosos e íons gerados pela amostra que emitem radiação por excitação térmica em comprimento de onda específico, produzindo um espectro atômico característico (DYMOTT, 1995). Foram analisados os níveis de concentração dos elementos traço As, Cr, Cu, Fe, Mn, Ni, Pb, Sc e Zn. O elemento Cd foi determinado pela CETESB no Laboratório de Química Inorgânica da Divisão de Análises Físico-Química do Departamento de Análises Ambientais. A metodologia de abertura seguiu os procedimentos estabelecidos pela

(USEPA) método 3051 do Test Methods for Evaluating Solid Waste, SW- 846 que versa sobre a metodologia de digestão ácida a partir do emprego de forno de microonda em solos, sedimentos, lama e óleos. As determinações foram realizadas a partir de espectrometria óptica de emissão por plasma de argônio - ICP/PES, de acordo com os procedimentos da USEPA método 6010 C, Revisão 3, 2007, com modificações.

**Figura 26 - Fluxograma de digestão parcial dos sedimentos em base no protocolo
USEPA 3050B (USEPA, 2006)**

O benefício da utilização do ICP-OES é de quantificar vários elementos químicos em uma mesma corrida analítica realizados com extrema precisão e

exatidão na determinação em níveis traço (concentração da ordem de ppm). A excitação eficiente proporcionada pela fonte de plasma (ICP) resulta em baixos limites de detecção para muitos elementos.

A concentração dos elementos foi calculada com base na equação:

$$[E] = \frac{V_p X F_d X V_f}{m}$$

Onde:

[E]: Concentração do elemento de interesse, em mg/kg.

V_p: Valor encontrado no plasma, em mg/L

F_d: Fator de diluição

V_f: Volume final em ml.

m: massa em g.

Cada amostra passou por três mensurações e os valores registrados se referem às médias das leituras.

5.6.1 LIMITES DE DETECÇÃO E QUANTIFICAÇÃO

Foram analisadas 7 réplicas de soluções padrão com concentrações conhecidas com a finalidade de obter a menor concentração de detecção do equipamento e determinar o limite de detecção do método (LDM) para os elementos em estudo.

A concentração dentro do limite de detecção (LD) é a menor concentração que o equipamento pode detectar para cada elemento. O desvio padrão das medidas das 7 réplicas foi multiplicado pelo valor de *t-Student* (3,143) para um grau de confiança de 99%. O limite de quantificação do método (LQM) foi apurado

considerando cinco vezes o valor de LDM, o fator de diluição e a massa dos sedimentos utilizada no método de extração. Na Tabela 16 está apresentado o comprimento de onda utilizado para cada elemento analisado, os limites de detecção do método (LDM) e o limite de quantificação do método (LQM).

Tabela 16 - Comprimento de onda, LDM e LQM dos elementos analisados.* Determinação das concentrações de Cd realizado pela CETESB

ELEMENTO	COMPRIMENTO DE ONDA (nm)	LIMITE DE DETECÇÃO DO MÉTODO (mg/kg)	LIMITE DE QUANTIFICAÇÃO DO MÉTODO (mg/kg)
As	188,98	0,1	0,4
Cd*	228,8	0,1	0,6
Cr	267,716	0,1	0,5
Cu	327,395	0,07	0,3
Fe	238,204	0,2	1,2
Mn	257,61	0,2	1,0
Ni	231,604	0,05	0,3
Pb	220,353	0,2	0,7
Zn	213,857	0,4	2,0

5.6.2 TRATAMENTO DOS DADOS

A partir de uma análise de principais componentes (PCA, da sigla em inglês para *Principal Component Analysis*) é possível se encontrar gradientes ambientais e correlações exploratórias entre as variáveis amostradas. Também se lançou mão da correlação de Pearson (r) para correlacionar as diversas variáveis entre si. O que

permite identificar padrões de associações entre as mesmas. Estas duas técnicas se mostram de grande valia para o entendimento das interações entre as variáveis ambientais.

5.6.3 AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DOS SEDIMENTOS (VALORES GUIAS DA QUALIDADE DOS SEDIMENTOS) DOS ELEMENTOS TRAÇO

A fim de investigar as contribuições antrópicas sofridas pelo reservatório por meio do diagnóstico das concentrações de elementos traço determinados no testemunho sedimentar e o nível de contaminação gerado, foram utilizados como ferramental o Valores Guias da Qualidade dos Sedimentos (VGQS). Os valores guias utilizados na presente dissertação são os adotados pela Resolução nº 454 de 1 de novembro de 2012, do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA, 2012), para sedimentos dragados. Os critérios de avaliação dos VGQS já foram detalhados no item 4.2.

5.6.4 FATOR DE CONTAMINAÇÃO (FC) E IGEO, BASEADO EM ELEMENTOS TRAÇO

Além dos VGQS, foram utilizados o Fator de Contaminação ou de enriquecimento (FC) de FÖRSTNER (1976) e o Índice de Geoacumulação (Igeo) de MÜLLER (1979) para avaliar o grau de contaminação dos sedimentos do RSG.

FÖRSTNER (1976) propôs o FC para descrever a relação entre a concentração do elemento químico nos sedimentos e/ou solos amostrados sobre a concentração do elemento químico em sedimentos e/ou solo natural ou “background”. Nesta dissertação utilizou-se como “background” a base do testemunho, referente Fase Pré-reservatório, entre 162 e 232 cm.

O FC é calculado pela razão das concentrações do elemento nos diferentes ambiente. Valores de FC maiores que 1 podem estar associados à contribuição

antrópica ou, no caso específico do RSG, refletir apenas mudanças ambientais associadas à inundação do reservatório.

Cálculo do Fator de contaminação (FC) é realizado a partir da fórmula:

$$FC = \frac{[E] \text{ amostra}}{[E] \text{ "background"}}$$

Onde,

FC = Fator de contaminação.

[Ea] amostra = Concentração do elemento a ser analisado da amostra

[E] "background" = Concentração do elemento no "background".

O (I_{GEO}) fundamenta-se, por sua vez, na avaliação qualitativa do nível de poluição dos sedimentos por meio do logaritmo da razão entre as concentrações dos elementos presente na amostra sobre a concentração do elemento presente em valor referencial equivalente à média mundial para metais associados às argilas (folhelho médio padrão). MÜLLER (1979) propôs uma tabela da leitura dos resultados (Tabela 17) obtidos pela fórmula:

Tabela 17 - Índice de Geoacumulação (I_{GEO}) proposto por Müller 1979

I _{GEO}	Classe I _{GEO}	Qualidade dos Sedimentos
>0	0	Não Poluído
>1	1	Fracamente Poluído
>2	2	Moderadamente Poluído
>3	3	Poluído
>4	4	Fortemente Poluído
>5	5	Muito Fortemente Poluído
>6	6	Extremamente Poluído

$$I_{\text{GEO}} = \log_2 [(C_e / C_{be} \times 1,5)]$$

Onde,

C_e = Concentração (mg/Kg) do elemento na amostra dos sedimentos

C_{be} = Concentração média do Background (folhelho médio padrão).

1,5 = fator de correção para possíveis variações do “background” causado por diferenças litológicas.

No presente trabalho foram utilizadas como valor de referência a média das concentrações dos elementos dos sedimentos da Fase Pré-reservatório representado por C_b e (concentração do elemento do *background*).

5.6.5 NORMALIZAÇÃO POR ESCÂNDIO (SC)

Os dados de elementos traço obtidos foram normalizados por Sc com o intuito de filtrar as influências da contribuição natural, associada às variações do escoamento superficial na bacia de drenagens, das contribuições antrópicas. Uma vez que o Sc não é um elemento presente de forma significativa nos efluentes domésticos e industriais, suas variações relativas no meio ambiente guardam relações com mudanças naturais do aporte terrígeno, e podem ser diretamente atribuídas a maior ou menor lixiviação de metais constituintes da litologia da própria bacia de drenagem.

5.7 DETERMINAÇÕES DE CARBONO (C) E FÓSFORO (P) DOS SEDIMENTOS.

As determinações das concentrações de carbono dos sedimentos, compostas pelas frações de carbono orgânico total (COT) e carbono inorgânico (CI) foram realizadas no Laboratório de Sedimentologia do Instituto de Química, da Universidade Federal Fluminense (UFF). As determinações de fósforo, subdivididas

nas frações de fósforo Inorgânico (PI), fósforo orgânico (PO) foram realizadas no Laboratório Biogeoquímica do mesmo instituto.

A determinação do COT e do CI segue a metodologia de combustão a seco tomadas em um analisador elementar modelo *Total organic carbon analyzer SSM-5000A* do fabricante Shimadzu. O protocolo de análise para CT consiste em uma combustão a 900°C onde a amostra injetada é carregada para um tubo de combustão contendo platina suportada em alumina, sofrendo oxidação catalítica a CO₂. Para determinação do CI é adicionado ácido fosfórico (H₃PO₄) 25%. As amostras injetadas sofrem combustão a 250°C para conversão do carbono inorgânico a CO₂. Todo o CO₂ produzido, tanto na oxidação catalítica quanto o proveniente do carbono inorgânico, é quantificado por absorção no infravermelho não dispersivo (FONSECA, 2008). A concentração de COT é determinada através da diferença entre a concentração de carbono total e carbono inorgânico. Foram usados padrões de laboratórios incluindo Hidrogenoftalato de potássio e NaHCO₃.

As extrações das frações de PI e PT foram realizadas de acordo com o método proposto por ASPILA et al. (1976) e suas concentrações são obtidas pelo método colorimétrico proposto por GRASSHOFF et al. (1983). O PI reage com molibdato acidificado, produzindo um complexo de fosfomolibdato, posteriormente, reduzido por ácido ascórbico a um composto azul. A concentração de PO é calculada a partir da diferença entre as frações de P total e PI.

5.8 DETERMINAÇÕES DE BIFENILAS POLICLORADAS, PESTICIDAS ORGANOCLORADOS E HIDROCARBONETOS AROMÁTICOS.

As análises para determinação de organoclorados foram realizadas no Laboratório de Química Orgânica marinha (Lab-QOM) do Instituto Oceanográfico da Universidade de São Paulo (IOUSP). Utilizou-se a metodologia já otimizada no laboratório para análise de PCBs e pesticidas. Toda a vidraria utilizada foi previamente lavada com detergente e enxaguada em água corrente. Depois de seca

foi coberta com alumínio e levada à mufla durante 4 horas a 400 °C. Vidrarias volumétricas que não podiam ser levadas à mufla, foram enxaguadas com diclorometano e n-hexano, antes do uso para descontaminação.

O protocolo das análises consiste na extração de uma alíquota de 10 gramas em sistema Soxhlet para análise dos bifenilos policlorados (PCBs), pesticidas organoclorados (POCs) e hidrocarbonetos policíclicos aromáticos (HPAs) com 80 mL de n-hexano/diclorometano 50% (v/v), segundo método descrito em UNEP (1992) e MATOS (2002). Antes da extração foram adicionados os padrões surrogate PCB-103, PCB-198, naftaleno-d₈, acenafteno-d₁₀, fenantreno-d₁₀, criseno-d₁₂ e perileno-d₁₂ em todas as amostras, brancos e materiais de referência certificado (SRM). O SRM 1944 utilizados foi proveniente da National Institute of Standards and Technology (NIST) dos EUA.

O extrato foi eluído em coluna contendo 3,2 g de alumina 5% desativada com 20 mL de uma mistura de n-hexano/diclorometano (7:3, v/v). Uma alíquota do extrato final foi injetada no cromatógrafo a gás 6890 da Agilent Technologies equipado com detector de captura de elétrons (GC-ECD) para determinação de pesticidas organoclorados e no cromatógrafo a gás equipado com espectrômetro de massas (GC/MS) 6890/5973N também da Agilent Technologies para quantificação dos PCBs e HPAs. A aquisição dos dados foi feita em SIM (single íonmonitoring).

A coluna cromatográfica utilizada em ambos equipamentos foi a de 30 metros de comprimento, diâmetro interno de 0,25 mm e espessura do filme de 5% fenilmetilsiloxano de 0,25 µm (HP-5MS da marca Agilent J&W). As temperaturas do injetor e detector do GC-ECD foram de 280°C e 300°C, respectivamente. O gás de arraste foi o hidrogênio ultrapuro e o gás auxiliar foi o nitrogênio. A rampa de temperatura utilizada foi: início a 70°C por 1 minuto, aumento a uma taxa de 40°C até 170°C e a 1,5°C até 240°C, permanecendo nesta temperatura por 2 minutos, e aumentando novamente a 15°C até 300°C, permanecendo isotérmico por 5 minutos. As temperaturas do GC/MS foram de 280, 280 e 300°C no injetor e na interface e na fonte de íons, respectivamente. A rampa de temperatura para PCBs foi: início a 75°C durante 3 minutos, aumento a uma taxa de 15°C até 150°C e a 2°C até 260°C e a

20°C até 300°C, permanecendo constante durante 1 minuto. A rampa para os HPAs teve início em 40°C com aumento a taxa de 20°C até 60°C e a 5°C min⁻¹ até 290°C onde permaneceu por 5 minutos para aumentar a 10°C até 300°C, onde permaneceu constante durante 10 minutos.

A identificação dos pesticidas, PCBs e HPAs foi feita por comparação dos tempos de retenção com padrões de referência da Accustandard dos EUA. Os compostos determinados no GC/MS também foram identificados através do íon de quantificação de cada composto. A quantificação foi feita por razões entre os surrogates e os compostos de interesse, baseada nas curvas analíticas montadas com pelo menos 05 concentrações diferentes de cada grupo de compostos.

5.9 ANÁLISE MAGNETISMO AMBIENTAL

As análises de magnetismo ambiental foram realizadas no Laboratório Paleomagnético do Instituto de Astronomia, Geofísica e Ciências Atmosféricas da Universidade de São Paulo (IAG / USP). Neste laboratório foram realizadas análises de Susceptibilidade magnética (SM), Magnetização Remanente Anisterética (MRA), Magnetização Remanente Isotérmica (MRI) e de Magnetização Remanente Natural (MRN). A MRN é uma análise de magnetização que contempla todas as fases magnéticas presentes na amostra (pode ser considerada como uma medida bulk da magnetização). Já, as outras magnetizações, representadas pela MRA e de MRI indicam fases magnéticas que respondem a um campo magnético artificial aplicado. No caso da MRA, quando um campo de corrente contínua (DC, sigla em inglês para directcurrent) é aplicado, detectam-se fases de baixas coercividade e tamanho de grão fino (nesse caso, magnetita). No caso da MRI, quando se aplica um campo em um pulso, detectam-se fases com diferentes coercividades; foi calculada a razão S (Soft ratio) que ajuda a distinguir entre os minerais de alta coercividade (e.g. hematita, goetita) daqueles de baixa coercividade (e.g. magnetita, greigita). Portanto, as duas magnetizações nos ajudam a entender que tipo de mineral foi depositado no fundo da represa (HARTMANN et al., 2011).

Para as medidas de magnetização foi utilizado um magnetômetro do tipo SQUID da 2G enterprises, com bobinas de campo alternado e direto acopladas ao magnetômetro para fazer a indução de magnetização anisterética (MRA). Para fazer a indução de magnetização isotérmica (MRI) em campos de 900, 100 e 300 mT foi utilizado um indutor de campo pulsado da 2G enterprises. Foi calculada a razão S, $S\text{-ratio} = \text{MRI-300} / \text{MRI900}$. Do resultado das razões se obtém a determinação qualitativa de minerais, os de baixa coercividade (ferrimagnéticos, ex. magnetita, greigita) S-ratio com valores entre 0.7 a 1.0; ou de alta coercividade (antiferromagnéticos, ex. hematita, goetita) com valores da S-ratio < 0.7.

Para o tratamento dos dados foi utilizado a correlação de Pearson. As medidas de SM foram feitas em temperatura ambiente em duas diferentes frequências, usando, o susceptômetro Kappabridge MFK1-A (Agicold). Este equipamento possui uma resolução de 2×10^{-6} SI. As susceptibilidades em temperatura ambiente foram analisadas nas frequências de F1=976 Hz (em campo de até 400 A/m), e F3=15616 Hz (200 A/m) Todas as medidas de susceptibilidade magnética (SM) foram normalizadas pela massa das amostras.

5.9.1. Parâmetros magnéticos

No presente trabalho foram analisados os parâmetros magnéticos de susceptibilidade magnética (SM), magnetização remanente natural (MRN), magnetização remanente isotérmica (MRI) e magnetização remanente anisterética (MRA) que são apresentados individualmente com resultados das medidas e as correlações com as porcentagens granulométricas e as concentrações dos elementos traço analisados nos sedimentos do testemunho estudado. Para o tratamento dos dados foi utilizado as análises estatísticas da correlação de Pearson usando o programa PAST (folk.uio.no/ohammer/past/). Todas as medidas foram efetuadas no Laboratório de Paleomagnetismo da Universidade de São Paulo (USPmag.).

5.10 MÉTODOS - ANÁLISE FAUNÍSTICA DE TECAMEBAS NO TESTEMUNHO

Os sedimentos superficial foi preservado em álcool 70% no momento da coleta. Após a abertura e descrição do testemunho, os sedimentos subsuperficiais, destinados à análise das tecamebas, foram amostrados, acondicionados em potes plásticos e colocados imediatamente em geladeira.

Nos dias subsequentes à amostragem, foi acrescentado álcool 70% às amostras e estas permaneceram em temperatura ambiente até a etapa de peneiramento úmido. O álcool foi utilizado para evitar eventual ataque bacteriano às carapaças. Ao todo foram processadas 38 amostras para análise do conteúdo da meiofauna. A Figura 27 ilustra as etapas de coleta e preparação dos sedimentos.

Dos sedimentos superficiais e subsuperficiais, foi retirada uma alíquota de 10cm³, que foi então lavada em peneiras de 0,500 mm e 0,062 mm (SCHRÖDER *et al.*, 1987). Posteriormente, o material lavado foi triado a úmido (álcool 70%), sob em microscópio estereoscópico. Do material lavado, todas as carapaças, foram triadas, colocadas em lâminas de fundo escuro e identificadas.

A identificação de tecamebas baseou-se principalmente nos trabalhos de LAHR (2006), GOMES E SOUZA (2008), ASIOLI, MEDIOLI & PATTERSON (1996).

1.

2.

3.

Figura 27 - Imagens de 1-3 ilustram as etapas da preparação das amostras para posterior análise da microfauna bentônica Tecamebas. 1) separação da porções de sedimentos para análises da micro fauna com acréscimo de álcool 70%. 2) peneiramento prévio dos sedimentos em de malha entre 0,500 mm e 0,062 mm.3) análises do material em microscópio estereoscópico com aumento de 100x

5.10.1 TRATAMENTOS DE DADOS- ÍNDICES ECOLÓGICOS

Após a identificação, os dados foram tabulados e os valores de densidade, riqueza e diversidade foram calculados. Todos índices ecológicos foram calculados usando o programa Past3.12 (HAMMER et al., 2001).

Densidade foi calculada utilizando-se o número de carapaças identificadas em 10cc de sedimentos. Para o cálculo da riqueza das amostras foram utilizados o número das espécies por amostras (S) e calculado o índice de Margalef (D_{Mg}), a partir da fórmula:

$$D_{Mg} = \frac{(S-1)}{\ln N}$$

onde, D_{Mg} =Riqueza de espécie,

S = N° de espécies amostradas

N = N° de indivíduos total da população.

Com relação aos índices de diversidades, foram utilizados os índices 1) de Simpson 1- $\underline{D}$, (alguns autores o classificam como índice de dominância e não de heterogeneidade) e 2) de distinção e de diversidade taxonômica de WARWICK & CLARKE (1995).

De acordo com MAGURRAN (2004), o índice de diversidade de Simpson 1- $\underline{D}$ é um índice robusto que captura a variância da distribuição das espécies, sendo fortemente influenciado pelas espécies mais abundantes. Índice de Simpson baseia-se na probabilidade de dois indivíduos, retirados ao acaso de uma população infinitamente grande, pertencerem a mesma espécie e é expresso pela fórmula:

$$D = \sum p_i^2$$

onde, p_i = proporção de indivíduos da i ésima espécie.

Para populações finitas utiliza-se a seguinte equação:

$$D = \sum \left(\frac{n_i [n_i - 1]}{N [N - 1]} \right)$$

onde, n_i = número de indivíduos da i ésima espécie.

N = número total de indivíduos.

Observa-se que nesta equação o aumento do valor de D implica na diminuição da diversidade. Logo é comum utilizar-se $(1-D)$ de forma que, quanto maior o valor de $1-D$, maior é a regularidade da distribuição das espécies. Neste trabalho optou-se pela utilização de $1-D$.

Os índices de distinção e de diversidade taxonômicos de WARWICK & CLARKE (1995), capturam a estrutura da abundância das espécies e/ou suas afinidades taxonômicas, bem como mostram se há alguma variação do padrão de distribuição de espécies no espaço e no tempo. A premissa principal dessas medidas é que a diversidade é maior em uma comunidade em que as espécies são filogeneticamente mais distintas (CIANCIARUSO et al., 2009).

Esses dois índices baseiam-se em duas Medidas: Distância taxonômica (Δ) e Diferença Taxonômica (Δ^*). A primeira medida é a distância média entre dois organismos retirados ao acaso de uma amostra (que nada mais é que o comprimento da distância que conecta dois organismos do ponto de vista filogenético). A segunda medida é a diferença taxonômica expressa na distância média entre dois indivíduos, retirados ao acaso de uma amostra, pertencerem a espécies diferentes.

Δ pode ser visto como uma extensão natural do índice de Simpson que incorpora informações taxonômicas ou filogenéticas. Δ^* e Δ não são dependentes de média e do esforço amostral (CLARKE & WARWICK, 1998).

O cálculo de Δ e Δ^* é realizado por meio das fórmulas seguintes:

$$\Delta = \frac{\sum_{i < j} \sum w_{ij} x_i x_j}{\sum_{i < j} x_i x_j + \sum_i x_i (x_i - 1) / 2}, \quad \Delta^* = \frac{\sum_{i < j} \sum w_{ij} x_i x_j}{\sum_{i < j} x_i x_j}.$$

Onde:

W_{ij} são pesos tais quais $W_{ij}=0$ se i e j são da mesma espécie;

$W_{ij}=1$ se forem do mesmo gênero. Os X 's são valores de abundância.

5.10.2 TRATAMENTOS DE DADOS - ANÁLISES MULTIVARIADAS

A relação entre as tecamebas e os fatores abióticos foi avaliada por meio da Análise de Correspondência Canônica (ACC) e Escalação Dimensional não Métrica (NMDS). Para estas análises foram utilizadas uma matriz com dados bióticos (espécies de tecamebas, índices de Margalef e Simpson e correlação de Pearson) e uma outra com as seguintes variáveis abióticas: profundidade, porcentagem granulométrica, nutrientes (carbono total, carbono orgânico, carbono inorgânico, fósforo Total, fósforo inorgânico, fósforo orgânico), elementos traço, pesticidas organoclorados (POCs), hidrocarbonetos aromáticos policíclicos (HPAs), bifenilas policloradas (PCBs).

A Análise de Correspondência Canônica (LEGENDRE & LEGENDRE, 1998) é uma análise de correspondência de uma matriz de espécies e sítios amostrais, onde cada sítio amostral possui um valor para uma ou mais variáveis.

Os resultados são exibidos em eixos de ordenadas que correspondem às combinações lineares das variáveis ambientais. Logo, a ACC é um exemplo de análise direta de gradiente, onde o gradiente das variáveis ambientais conhecidas *a priori* e as abundâncias das espécies ou presença ou ausência são consideradas como sendo uma resposta a esse gradiente.

A análise de NMDS permite a utilização de qualquer tipo de escala entre as variáveis amostradas e as espécies de tecamebas por sítio amostral. Quando os valores de stress obtidos são menores que 0,05 indicam baixíssima incompatibilidade entre a ordem de classificação das distâncias nos dados e a ordem de classificação das distâncias na ordenação. Já valores acima de 0,3 indicam uma ordenação arbitrária, o que dificulta em muito a interpretação dos resultados.

Tanto ACC quanto NMDS são análises de ordenação que permitem a exploração de das variáveis ambientais em busca de gradiente que possam explicar a distribuição de espécies de ao longo do gradiente.

Para a realização da Análise de Agrupamento, ACC e NMDS foi utilizado o programa PAST 3.12(HAMMER et al. 2001). No tocante a NMDS, optou-se pela utilização do método de Gower, pelo fato de as variáveis estarem em escalas diferentes.

6 RESULTADOS

6.1 PARÂMETROS AMBIENTAIS E FÍSICO-QUÍMICOS DA ÁREA DE COLETA

As condições físico-químicas da coluna d'água no período de amostragem são apresentados na Tabela 18.

Tabela 18 - Parâmetros físico-químicos da coluna d'água do ponto amostral do testemunho do RSG

Amostra	Latitude	Longitude	Horário	Prof. (m)	pH	PE (mv)	Cond. (ms)	O.D.mg/l ⁻¹
RSG 1T Superfície	22° 43'29"	46° 13'51"	17:12	1	8,9	84,2	300	9,4
RSG 1T Fundo			17:22	9	7,5	33,3	376	1,6

6.2 FÁCIES SEDIMENTARES

O testemunho coletado no RSG apresenta um perfil sedimentar de 232 cm de comprimento, sendo os primeiros 16 cm constituídos por uma camada inconsolidada, bem fluida de cor marrom escuro. A sucessão estratigráfica presente no resto do testemunho permite o reconhecimento, basicamente, de duas fácies sedimentares, identificadas, da base para o topo, como: Fase Pré-reservatório e Fase Reservatório:

- A fácies sedimentar da Fase Pré-reservatório ocorre entre 232 e 162 cm e é identificada a partir de uma nítida descontinuidade sedimentar marcada por um contato brusco e levemente irregular, como é possível observar na Figura 27. Essa fácies sedimentar é caracterizada por apresentar coloração marrom escura, comparativamente baixa concentração de argila (~ 16%), alta concentração de sedimentos na fração areia (~11%) e predomínio de sedimentos na fração silte (72 %). Essa unidade apresenta

ainda grande quantidade de restos vegetais, como fibras e raízes de plantas. Entre 210cm até a base do testemunho observam-se transição gradual p/ níveis argilosos de coloração cinza clara com textura variegada formada por manchas de coloração ocre, que gradam para um padrão mosqueado mais próximo à base. Essa sequência sedimentar é atribuída às unidades de solos e sedimentos depositados na planície aluvial do Rio Atibaia.

- A sequência sedimentar da Fase Reservatório pode ainda ser dividida em duas subunidades: fase reservatório e fase reservatório II.
- Fase reservatório I: ocorre entre 162 e ~ 140 cm, é marcada por uma estrutura sedimentar maciça, onde não é possível reconhecer com clareza uma estratificação. Essa subunidade apresenta sedimentos de cor marrom clara com predomínio de sedimentos na fração silte (~ 68%) seguido de argila (~ 29,5 %).
- Fase reservatório II: marcada por uma estratificação interpretada como originalmente plano paralela, formada por camadas centimétricas (1-2 cm) de lama com coloração preta intercalada com camadas de lama de cor marrom claro, iguais à da Fase reservatório II. A fluidez do sedimento pode ser constatada na deformação da estratificação (Figura 28). Assim como os sedimentos da fase anterior, predominam uma fração granulométrica composta por silte (~ 71%) seguido de argila (~ 26%). A ritmicidade da sucessão de camadas claras e escuras característica dessa unidade, pode ser atribuída às variações interanuais da taxa de deposição de matéria orgânica associadas às variações sazonais de produtividade do reservatório. Ao todo foram contadas cerca de 40 pares de camadas, o que indicaria que essa sequência abrange, ao menos, 40 anos.

Representação das Fácies do Testemunho

Primeiros 16cm apresentam camada bem fluida, e logo as camadas subseqüente apresenta fácies de aspecto mais consistente, pouco fluido

Fácies de intercalação entre níveis centimétricos de lama preta com lama marrom em padrão de estratificação plano paralelo, com camadas apresentando contato brusco.

Transição gradual p/ fácies mais consolidadas e homogênea de cor marrom mais escuro são possíveis notar uma tênue estratificação plana paralela.

Discordância erosiva, marcando contato

Figura 28 - Representação gráfica das fácies sedimentares do testemunho do RSG Americana-SP

6.3 TEOR DE UMIDADE

O perfil sedimentar do RSG apresenta gradiente crescente de concentração de umidade, iniciando na base com 28 % e finalizando 73% no topo(Figura 29).Descontados os primeiros 16 cm do testemunho, cujo teor médio de umidade é extremamente elevado (~ 70 %) o teor de umidade médio registrado na fácies sedimentar da Fase Reservatório II (entre 20 e 140 cm) é de 59 %. Na profundidade relativa aos sedimentos da Fase Reservatório I (entre 145 a 162 cm) o gradiente de umidade diminui para valores próximos de 54%. Nessa porção os sedimentos apresentam-se ainda menos fluidos. Entre 162 a 232 cm, na sequência sedimentar da fase pré-reservatório (planície aluvial), o teor de umidade cai bruscamente, atingindo valores da ordem de 30 %.

Figura 29 - Porcentagem de umidade do perfil sedimentar do testemunho do RSG

6.4 ANÁLISES GRANULOMÉTRICAS DOS SEDIMENTOS

Os resultados obtidos indicam uma predominância dos grãos finos na composição dos sedimentos. Como é possível observar na Figura 30, aproximadamente, 96,4% dos sedimentos é composto por silte e argila.

Figura 30 - Médias das porcentagens das faixas granulométricas das amostras analisadas do perfil sedimentar do RSG.

A partir de uma análise de principais componentes (PCA, da sigla em inglês para *Principal Component Analysis*) foi possível agrupar os diferentes tamanhos de grão em 3 grupos principais (Figura 31). O primeiro grupo é definido pelas frações de argila, seguido do segundo grupo composto pelas frações de silte grosso e médio. Esses dois grupos explicam a maior parte da variância do componente 1. Na sequência temos as frações de areia muito grossa à muito fina, que explicam a maior parte da variância da componente 1. Assim, optou por resumir as frações granulométricas nos seguintes agrupamentos: 1) areia (de muito grossa a muito fina), 2) silte grosso e médio e 3) argila. A tabela com os valores de eigenvalues obtidas a partir da análise de PCA são apresentados na Tabela 19.

Figura 31 - Análise de Componentes Principais da análise granulométrica medida do testemunho do ponto 1 do RSG

Tabela 19 - Relação dos valores eigenvariância obtidas na PCA dos frações granulométricas dos sedimentos

PC	Valor Eigen	% variância
1	6663	91,987
2	431605	5,9585
3	106135	1,4652
4	196131	0,2708
5	174187	0,2405
6	451542	0,0623
7	0,7904	0,0109
8	0,3537	0,0049
9	0,0162	0,0002

A série de variação das frações granulométricas avaliadas na análise de PCA é apresentada na Figura 32. Ao longo do testemunho, silte grosso e médio apresentam comportamento antifásico com argila. Um ponto relevante é observado na fase reservatório que ocorre na profundidade de 120 cm, associada a um pico na deposição de areia fina, sugerindo um influxo de material terrígeno (Figura 32).

Figura 32 - Curva de variação de granulometria do testemunho do Ponto 1 do RSG. A linha tracejada em laranja separa as fases pré-reservatório das fases reservatório

Como é possível observar no gráfico da Figura 32, a transição na sequênciasedimentar da Fase Pré-reservatório para reservatório, compreendida entre 230 e 163 cm de profundidade, é marcada por nítida alteração da granulometria, com aumento substancial da proporção de argila (16 – 30 %), seguida de queda da concentração de silte grosso e médio (46 – 36%).Ao longo das fases reservatório (reservatório I e II), a fração de silte grosso e médio descreve um contínuo aumento de proporção em direção ao topo do testemunho, partindo de valores próximos de 32% entre 162 – 154 cm para valores próximos de 42 % entre 8 – 36 cm. O contrário é registrado na fração de argila que descreve nítido decréscimo partindo de valores ao redor de 33 % para 21 %. Variações da concentração de areia são registradas na forma de picos isolados. Durante as Fases Reservatório o pulso mais notório ocorre na profundidade de 120 cm, quando os valores saltam de 3 para 21 %.

6.5 CARBONO NOS SEDIMENTOS

Os resultados das concentrações de carbono dos sedimentos são separados em três categorias: carbono total (CT), carbono orgânico (CO) e carbono Inorgânico (CI). Os valores medidos nas sequências deposicionais das fases Reservatório e Pré-reservatório são tratados de forma independente, uma vez que refletem ambientes deposicionais muito distintos e que guardam características hidrodinâmicas completamente diferentes. Os resultados são sumarizados na Tabela 20. De modo geral os sedimentos do RSG apresentam concentrações de CO moderadamente altas, com valores médios em torno de 2.2 %, variando entre 1.2 e 4.3 %. Já as concentrações da fração de CI são praticamente desprezíveis, com valores médios em torno de 0,04 %, atingindo valor máximo de apenas 0,2 %. A curva de evolução das concentrações de carbono dos sedimentos do RSG pode ser observada na Figura 33.

Como é possível observar no gráfico da Figura 33a concentração de CO corresponde, praticamente, a totalidade das espécies de carbono nos sedimentos.

Durante a Fase Reservatório os valores de CO oscilam constantemente entre 1.0 e 4.3 % sem descrever qualquer tendência clara de aumento ou diminuição. O valor mais elevado é registrado 120 cm (4.3 %) e precede um declínio acentuado onde é registrado o menor valor da proporção relativa de CO (1.0) na profundidade de 110 cm.

Tabela 20 - Resumo dos resultados analíticos de carbono (C) nos sedimentos do RSG: C total (CT), C orgânico (CO) e C inorgânico (CI)

		CT (%)	CO (%)	CI (%)
Fase Reservatório	Média	2.3	2.2	0.040
	Máximo	4.3	4.3	0.229
	Mínimo	1.2	1.0	0.000
	Desvio Padrão	0.6	0.7	0.067
Fase Pré-Reservatório	Média	1.6	1.6	0.000
	Máximo	2.8	2.8	0.000
	Mínimo	0.7	0.7	0.000
	Desvio Padrão	1.1	1.1	0.000

Apesar de apresentarem valores modestos, anomalias de CI concentram-se ao longo de período relativamente longo da história deposicional do RSG, entre 105 e 155 cm. Assumindo uma taxa deposicional média variando entre 2,5 cm/ano (LEITE, 2002) para área de amostragem do testemunho, podemos assumir um período próximo de 20 anos para a anomalia de CI no reservatório.

Figura 33 - Curva de variação das concentrações de carbono orgânico e inorgânico dos sedimentos do RSG: a) comparação entre as concentrações relativas de carbono total (CT), carbono orgânico (CO) e carbono inorgânico (CI); b) detalhe das variações de CI e CO

6.6 FÓSFORO NOS SEDIMENTOS

Assim como para carbono, as análises de fósforo (P) foram separadas em três categorias: P total (PT), P orgânico (PO) e P inorgânico (PI). Os valores analíticos de PT, PI e PO obtidos no perfil sedimentar do testemunho estão resumidos na Tabela 21. A Figura 34 apresenta a curva de evolução das frações de PT, PO e PI dos sedimentos. Assim como para as análises de C, os resultados obtidos nas porções referentes às fases Pré-reservatório e Reservatório são analisados separadamente.

Tabela 21 - Resumo dos resultados analíticos de fósforo (P) nos sedimentos do RSG: P total (PT), P orgânico (PO) e P inorgânico (PI)

	PT (µg/g)	PO (µg/g)	PI (µg/g)	
Média	1217	195	1022	Reservatório
Máximo	1512	346	1311	
Mínimo	848	11	731	
Desvio Padrão	167	80	162	
Média	382	158	224	Pré-reservatório
Máximo	905	347	558	
Mínimo	204	60	59	
Desvio Padrão	272	104	183	

Como é possível observar no gráfico da Figura 34 as concentrações de P apresentam nítido aumento em direção ao topo. Ao longo do perfil sedimentar nota-se um aumento expressivo da taxa de acumulação próximo de 95 cm, caracterizada por um salto das concentrações de PT. As contribuições de PI são as mais representativas, somando algo em torno de 84 % do total de P medida nos sedimentos.

Figura 34 - Curva das concentrações de Fósforo total (PT), Fósforo inorgânico (PI) e Fósforo orgânico (PO). A linha tracejada em laranja marca o início da Fase reservatório

Dado o papel dos efluentes domésticos na concentração de PI para a coluna d'água e, conseqüentemente, para os sedimentos, na Figura 35 é feita uma comparação da curva de PI com a taxa de crescimento populacional da região do município de Americana. Para a comparação contamos com o ano de 1950 como referência, identificado no testemunho a partir da discordância sedimentar registrada na profundidade de 162 cm. A fim de eliminar o ruído da série de dados a curva de PI é apresentada com uma suavização construída a partir do cálculo de média móvel

para dez pontos. Como é possível observar no gráfico da Figura 35 concentração de PI nos sedimentos do RSG parecem acompanhar a curva de crescimento populacional da região. O salto nas concentrações de PI e PT medido na profundidade próxima 105 cm é coerente com uma maior inflexão da curva que tem início em 1970. Cabe, contudo, destacar que essa análise deve ser feita com cautela uma vez que não dispomos de um modelo cronológico preciso para a taxa de deposição na área do testemunho.

Figura 35 - Comparação entre a curva de concentração de P inorgânico (PI) no Reservatório de Salto Grande e a curva de crescimento populacional do município de Americana-SP. A curva em cinza claro representa os dados brutos de PI e a curva em preto a série de média móvel

6.7 DETERMINAÇÕES DE METAIS NOS SEDIMENTOS.

Os resultados obtidos das análises dos elementos traço do perfil sedimentar do RSG estão apresentados na Tabela 22. Os valores em cor vermelha indicam as concentrações que se encontram acima dos valores de referência TEL e PEL. A Figura 36 apresenta os valores brutos de concentração de metas medidas ao longo

de todo o testemunho. Nota-se a partir dos gráficos apresentados na Figura 36 uma nítida mudança de concentração de metais entre as fases Pré-reservatório e Reservatório. Metais como Fe, Zn, Mn e Ni apresentam aumento substancial, ao passo que metais como Cd, Cr, Sc e Pb experimentam decréscimo. Já metais como o Cu e As permanecem constantes. Essa afirmação é feita excluindo uma fase de picos anômalos logo nos períodos iniciais da Fase Reservatório. Como é possível notar na figura, de modo geral, os metais exibem claro período de incremento das concentrações entre, ~100 e 140 cm de profundidade. Afim de melhor caracterizar tais variações foram calculadas as séries de anomalia para cada um dos metais analisado. Em seguida foi calculado o desvio padrão com base nos valores analíticos da série de dados brutos (Tabela 22). O valor do desvio padrão foi então utilizado como referência para determinar as fases de anomalias positivas das concentrações de metais (Figura 37). Foram consideradas como anomalia positiva as excursões que excedem em um desvio padrão. A faixa de anomalias positivas é apresentada pelas barras cinza claro presentes na Figura 36. O detalhe dessa operação pode ser verificado na Figura 37. Nota-se no detalhe da Figura 37 que o período de anomalias positivas de metais, entre eles Cu, ocorre próximo ao início da Fase Reservatório II (~ 140 cm), quando os sedimentos adquirem uma feição mais estratificada com níveis centimétricos de lama preta (Figura 28).

6.8 MATRIZ DE CORRELAÇÃO DE PEARSON (ELEMENTOS TRAÇO E GRANULOMETRIA)

Na matriz correlação de Pearson das curvas das concentrações dos elementos traço com as curvas obtidas das análises de granulometria do testemunho obteve-se correlação positiva de todos os elementos com argila. Silte apresentou correlação negativa com todos os elementos, com exceção do Mg que apresentou correlação positiva, porém baixa.

Argila obteve correlação negativa alta com areia fina e silte, e correlação positiva com as curvas de todos os elementos analisados (Anexo tabela).

Silte possui correlação negativa com areia fina e com os elementos em exceção com Mn que foi o único que resultou em correlação positiva, porém moderada 0,143, (Anexo tabela I).

Areia fina apresenta um comportamento diferente, possui correlação negativa alta com argila e negativa e baixa com silte. A correlação da areia fina com os elementos é positiva para Sc, Pb, Ni, Cr, As e negativa para Zn, Mn, Fe, Cd (Anexo tabela I).

Tabela 22A - Concentração dos elementos traço (mg/kg) presentes no testemunho RSG

Prof. (cm)	As	Cd	Cr	Cu	Fe	Mn	Ni	Pb	Sc	Zn
8	4,28	<0,5	16,61	38,73	55.299	690	6,59	11,78	33,19	57,06
16	3,92	<0,5	21,95	53,63	63.590	825	12,65	14,43	42,99	82,63
20	4,02	<0,5	25,66	58,24	60.001	921	13,87	16,11	50,18	112,54
24	3,29	<0,5	25,53	54,12	58.861	761	13,17	16,61	51,1	107,85
26	3,31	<0,5	16,94	48,46	59.096	867	7,95	12,55	31,99	81,86
28	4,19	<0,5	20,41	44,2	57.426	769	11,39	14	41,62	89,48
32	4,3	<0,5	25,22	53,21	54.782	968	14,92	16,25	49,34	92,13
34	3,38	<0,5	18,25	38,1	49.259	692	8,47	13	36,57	64,33
36	4,28	<0,5	23,44	47,75	57.808	771	12,03	14,12	43,49	79,7
38	4,73	<0,5	28,49	56,64	56.630	940	16,34	15,59	48,89	87,87
40	4,24	<0,5	28,96	51,68	63.499	800	14,24	16,01	49,41	85,53
44	3,9	<0,5	26,92	48,4	58.040	867	12,46	15,52	49,85	95,91
46	3,82	<0,5v	22,84	42,88	57.677	852	9,41	13,41	36,52	90,1
48	4,91	<0,5	30,59	60,16	56.495	891	15,93	17,26	53,25	111,38
52	5,09	<0,5	25,65	59,04	55.506	882	14,8	16,29	46,39	108,47
54	2,97	<0,5	19,97	39,65	62.516	1.003	8,33	14,03	38,71	72,18
56	3,67	<0,5	21,02	47,15	57.974	869	11,59	13,79	37,78	82,7
58	5,62	<0,5	28,73	59,04	57.038	889	17,59	16,74	53,87	104,26
60	3,8	<0,5	22,25	45,98	56.699	887	13,37	15,08	39,79	85,56
64	4,87	<0,5	26,49	48,77	58.963	1.177	13,3	16,34	51,08	90,93
66	3,3	<0,5	18,52	39,06	57.380	928	7,57	13,27	36,65	66,12
68	6,5	<0,5	27,37	62,46	62.707	973	15,51	17,47	54,18	105,37
72	5,7	<0,5	24,77	51,68	59.857	1.127	11,57	16,33	45,39	77,74
74	4,73	<0,5	19,39	39,81	54.578	810	8,71	13,56	38,33	60,87
76	4,13	<0,5	21,65	43,14	55.151	1.136	9,62	15,77	41,84	67,49

* os valores em vermelho indicam concentrações acima do TEL e PEL. As concentrações de Cd* foram determinadas pelo Laboratório de Química Inorgânica da CETESB.

Tabela 23B -<0,5 Concentração dos elementos traço (mg/kg) presentes no testemunho RSG

Prof. (cm)	As	Cd*	Cr	Cu	Fe	Mn	Ni	Pb	Sc	Zn
78	4,888	<0,5	20,278	47,31	55433	1103,4	10,99	15,54	37,77	67,49
80	5,515	<0,5	27,311	49,46	58978	851,8	16,3	18,48	52,49	80,62
84	5,491	<0,5	29,247	59,2	71910	1110,7	19,11	20,39	56,79	94,65
86	4,704	<0,5	21,985	50,89	58035	843,5	12,17	18,38	44,54	70,41
88	5,493	<0,5	25,679	65,87	56011	878,9	16,24	19,65	55,01	82,02
90	3,76	<0,5	16,495	49,79	55423	729,3	7,71	14,68	35,45	47,15
92	5,165	<0,5	19,909	61,55	59049	869	10,8	17,39	37,02	60,54
94	4,094	<0,5	22,179	71,54	57576	960,9	11,25	16,94	36,7	60,64
96	5,973	<0,5	42,409	154,87	63710	912,5	20,8	21,65	55,57	87,62
100	4,089	<0,5	21,808	209,16	54508	527,6	12,75	15,65	35,62	57,91
104	4,868	<0,5	27,065	331,62	59607	633,8	8,85	19,04	37,88	68,56
108	5,849	<0,5	45,565	212,37	55840	1199,9	15,95	36,06	87,06	96,82
114	5,342	0,53	46,954	220,45	60295	752	24,71	29,19	84,2	89,1
120	12,156	<0,5	72,088	522,21	59019	324,9	35,72	38,51	85,22	163,64
126	7,928	1,9	60,89	301,18	56213	589,8	20,06	29,32	89,12	80,61
128	8,288	0,9	90,854	413,95	60241	441,1	21,57	31,97	88,09	90,26
132	10,654	0,95	70,006	409,25	59162	360,7	20,64	37,16	95,96	96,19
136	4,404	<0,5	34,536	164,35	60433	781,6	15,87	22,32	87	80,75
140	7,786	<0,5	46,084	226,34	64329	604,7	21,57	29,81	110,51	100,68
148	5,91	<0,5	42,203	67,24	61964	608,3	16,02	24,46	94,79	128,38
154	5,644	<0,5	40,585	46,62	65459	1095,2	11,82	23,71	102,24	120,9
162	6,662	<0,5	42,911	59,71	58027	365,8	13,92	24,06	115,59	79,74
167	4,608	<0,5	32,557	44,31	25775	164,3	10,42	20,86	80,98	51,55
177	3,294	<0,5	30,038	38,45	16268	101	9,69	20,55	74,18	35,66
233	6,264	<0,5	33,174	79,66	26179	52,6	10,38	22,05	91,28	49,28

Os valores em vermelho indicam concentrações acima do TEL e PEL. As concentrações de Cd* foram determinadas pelo Laboratório de Química Inorgânica da CETESB

Figura 36 - Série de elemento-traço medidos no RSG. A barra em azul e salmão destaca o período que ocorre aumento nos valores das concentrações de Cu. Para melhor distinção dos intervalos de anomalia, nas série de Fe e Sc as barras foram coloridas de acordo com a cor de sua série respectiva. A linha laranja tracejada marca a transição da Fase Pré-reservatório para a Fase Reservatório

Figura 37 – Série de anomalia das concentrações de metais. A linha vermelha tracejada representa o valor de referência para anomalia positiva, inferido como igual ao desvio padrão. As barras cinzas marcam as excursões de anomalia positiva, *i.e.*, quando o valor da anomalia excede o valor de um desvio padrão. A barra em cinza escuro conecta uma excursão positiva de Zn às séries de anomalia de outros metais. A linha tracejada em laranja marca a transição entre as fases Reservatório I (162-140 cm) e Reservatório II (140 – 8 cm)

6.9 AVALIAÇÃO DE ÍNDICES DE QUALIDADE DOS SEDIMENTOS

6.9.1 VALORES GUIAS DA QUALIDADE DOS SEDIMENTOS (VGQS)

Como foi observado anteriormente os metais apresentam um intervalo com forte anomalia positiva de concentração que se distribui entre 100 e 140 cm de profundidade (Figura 36 e Figura 37). Assim, para melhor avaliar a qualidade dos sedimentos segundo o VGQS optou-se por segmentar o registro em três intervalos: i) entre 8 – 100 cm; ii) 100-148 cm; iii) 148-162 cm. O resumo dos resultados pode ser verificado nas Tabelas 24 e 25.

As Tabelas 24 e 25 apresentam as concentrações dos elementos analisados em confronto com as referências do VGQS, o qual se fundamenta na proteção à vida aquática e as referências dos valores das concentrações médias mundiais dos metais encontrados nos sedimentos dos folhelhos geológico fornecido por TUREKIAN & WEDEPOHL (1961), com o propósito de confrontar com sedimentos sem influência antrópica.

Tabela 24 – Aplicação dos valores guias de qualidade dos sedimentos de acordo com a resolução Conama 454/2012 para o trecho entre 8 – 100 cm. (legenda pág 58)

Metais	RSG (0-100 cm)		TEL	PEL	Folhelhos Mundiais
	Min.	Máx			
As	3.0	6.5	<5.9	37	13
Cd	0.3	0,5	<0.6	3.5	0.3
Cr	16.5	42.4	<37.3	90	90
Cu	38	209	<35.7	197	45
Fe	49259	71910	SVR	SVR	46.7
Mn	528	1177	SVR	SVR	850
Ni	6.6	20.8	<18.0	35.9	68
Pb	11.8	21.7	<35.0	91.3	20
Zn	47.1	112.5	<123	315	95

* Valores em mg/kg

Tabela 25 - Aplicação dos valores guias de qualidade dos sedimentos de acordo com a resolução Conama 454/2012 para o trecho entre 100 – 148 cm

Metais	RSG (100-148 cm)		TEL	PEL	Folhelhos Mundiais
	Min.	Máx			
As	4.4	12.2	<5.9	37	13
Cd	0,5	1,9	<0.6	3.5	0.3
Cr	27.1	90.9	<37.3	90	90
Cu	164	522	<35.7	197	45
Fe	55840	64329	SVR	SVR	46.7
Mn	325	1200	SVR	SVR	850
Ni	8.8	35.7	<18.0	35.9	68
Pb	19.0	38.5	<35.0	91.3	20
Zn	68.6	163.6	<123	315	95

* Valores em mg/kg

Os índices de TEL e PEL indicam que a partir que entre as profundidades 100a 140 cm os sedimentos do testemunho apresentam-se com níveis de contaminação significativos para Cr e Cu. Com o propósito de minimizar erros de avaliação sobre o grau de contaminação dos sedimentos, confrontamos as concentrações dos elementos traço obtidos com outros índices apresentados a seguir.

6.9.2 FATOR DE CONTAMINAÇÃO (FC)

A Tabela 26 apresenta o FC do testemunho do RSG e em vermelho estão indicados os resultados acima de 1. O papel das mudanças ambientais associadas à

inundação do reservatório é evidente para elementos como o Fe, que apresenta um grande salto a partir da profundidade de 162 cm, descrevendo um novo platô de variação que se mantém constante por todo o testemunho.

Tabela 26 - Valores de referência para o “background” do testemunho sedimentar do RSG

	REFERÊNCIAS DO BACKGROUND									
Profnd.(cm)	As (mg/kg)	Cd (mg/kg)	Cr (mg/kg)	Cu (mg/kg)	Fe (mg/kg)	Mn (mg/kg)	Ni (mg/kg)	Pb (mg/kg)	Sc (mg/kg)	Zn (mg/kg)
177	3.3	0.5	30.00	38.4	16.268	100.99	9.70	20.80	74.20	35.70
233	6.3	0.5	33.20	79.7	26179	52.81	10.40	22.10	91.30	49.30
Média	4.8	0.5	31.6	59.05	21.224	76.8	10.05	21.35	82.75	42.50
Desvio Padrão	1.5	0	1.6	20.65	9.11	24.19	0.7	0.75	8.55	6.80

A interpretação baseada única e puramente nos valores de FC (Tabela 27; Figura 38) apontaria para uma persistente contribuição antrópica no perfil sedimentar do testemunho do RSG em todos os elementos determinados, principalmente Fe, Mn, Ni e Zn, que apresentam valores acima de 1 em praticamente toda extensão do testemunho (Figura 38). Contudo, é preciso ter em mente que ambientes deposicionais distintos guardam características hidrodinâmicas e de acumulações de metais próprias. Desse modo, o enriquecimento apresentado pelo FC deve ser interpretado com cautela, principalmente quando usamos como referência o solo. No caso particular do Fe, é evidente que o aumento imediatamente após o afogamento do reservatório tem relação com a mudança do ambiente de deposição, que parte de uma planície aluvial para um sistema lânticos. Esse efeito não afeta apenas o Fe, mas parece exercer influência também sobre as concentrações de Zn, Ni e Mn (Figura 38). De modo geral, os FCs traduzem, principalmente, um fator de enriquecimento que pode ser tanto natural quanto antrópico. Os elementos As, Cr e Cu apresentam resultados acima de 1 no primeiro terço do testemunho, diminuindo no sentido base – topo. Nesses casos, a diminuição desses elementos sugere uma melhoria do controle dos influxos industriais e/ou domésticos.

Figura 38 - Comparação entre os valores de brutos de metais determinados no testemunho do RSG com o índice de Fator de Contaminação (FC)

Tabela 27 - Fator de Contaminação (FC) os valores em vermelho representam contribuição antrópica

Prof. (cm)	FC: [As]/[b]	FC: [Cd]/[b]	FC: [Cr]/[b]	FC: [Cu]/[b]	FC: [Fe]/[b]	FC: [Mn]/[b]	FC: [Ni]/[b]	FC: [Pb]/[b]	FC: [Sc]/[b]	FC: [Zn]/[b]
8	0.9	1.0	0.5	0.7	2.4	6.5	0.6	0.6	0.4	1.3
16	0.8	1.0	0.7	1.0	2.8	7.8	1.2	0.7	0.5	1.8
20	0.9	1.0	0.8	1.1	2.6	8.7	1.4	0.8	0.6	2.5
24	0.7	1.0	0.8	1.0	2.6	7.2	1.3	0.8	0.6	2.4
26	0.7	1.0	0.5	0.9	2.6	8.2	0.8	0.6	0.4	1.8
28	0.9	1.0	0.6	0.8	2.5	7.3	1.1	0.7	0.5	2.0
32	0.9	1.0	0.8	1.0	2.4	9.1	1.5	0.8	0.6	2.0
34	0.7	1.0	0.6	0.7	2.2	6.5	0.8	0.6	0.4	1.4
36	0.9	1.0	0.7	0.9	2.5	7.3	1.2	0.7	0.5	1.8
38	1.0	1.0	0.9	1.0	2.5	8.9	1.6	0.7	0.6	1.9
40	0.9	1.0	0.9	1.0	2.8	7.5	1.4	0.8	0.6	1.9
44	0.8	1.0	0.8	0.9	2.6	8.2	1.2	0.7	0.6	2.1
46	0.8	1.0	0.7	0.8	2.5	8.0	0.9	0.6	0.4	2.0
48	1.0	1.0	1.0	1.1	2.5	8.4	1.6	0.8	0.6	2.4
52	1.1	1.0	0.8	1.1	2.4	8.3	1.5	0.8	0.6	2.4
54	0.6	1.0	0.6	0.7	2.7	9.5	0.8	0.7	0.5	1.6
56	0.8	1.0	0.7	0.9	2.5	8.2	1.1	0.7	0.5	1.8
58	1.2	1.0	0.9	1.1	2.5	8.4	1.7	0.8	0.7	2.3
60	0.8	1.0	0.7	0.8	2.5	8.4	1.3	0.7	0.5	1.9
64	1.0	1.0	0.8	0.9	2.6	11.1	1.3	0.8	0.6	2.0
66	0.7	1.0	0.6	0.7	2.5	8.8	0.7	0.6	0.4	1.5
68	1.4	1.0	0.9	1.2	2.8	9.2	1.5	0.8	0.7	2.3
72	1.2	1.0	0.8	1.0	2.6	10.6	1.1	0.8	0.6	1.7
74	1.0	1.0	0.6	0.7	2.4	7.6	0.9	0.6	0.5	1.3
76	0.9	1.0	0.7	0.8	2.4	10.7	0.9	0.7	0.5	1.5
78	1.0	1.0	0.6	0.9	2.4	10.4	1.1	0.7	0.5	1.5
80	1.2	1.0	0.9	0.9	2.6	8.0	1.6	0.9	0.6	1.8
84	1.2	1.0	0.9	1.1	3.2	10.5	1.9	1.0	0.7	2.1
86	1.0	1.0	0.7	0.9	2.6	8.0	1.2	0.9	0.5	1.5
88	1.2	1.0	0.8	1.2	2.5	8.3	1.6	0.9	0.7	1.8
90	0.8	1.0	0.5	0.9	2.4	6.9	0.8	0.7	0.4	1.0
92	1.1	1.0	0.6	1.1	2.6	8.2	1.1	0.8	0.5	1.3
94	0.9	1.0	0.7	1.3	2.5	9.1	1.1	0.8	0.4	1.3
96	1.3	1.0	1.3	2.9	2.8	8.6	2.0	1.0	0.7	1.9

100	0.9	1,0	0.7	3.9	2.4	5.0	1.3	0.7	0.4	1.3
104	1.0	1,0	0.8	6.1	2.6	6.0	0.9	0.9	0.5	1.5
108	1.2	1,0	1.4	3.9	2.5	11.3	1.6	1.7	1.1	2.1
114	1.1	1,06	1.5	4.1	2.7	7.1	2.4	1.4	1.0	2.0
120	2.6	3,80	2.3	9.6	2.6	3.1	3.5	1.8	1.0	3.6
126	1.7	1,78	1.9	5.6	2.5	5.6	2.0	1.4	1.1	1.8
128	1.8	1,90	2.8	7.6	2.6	4.2	2.1	1.5	1.1	2.0
132	2.3	1,0	2.2	7.6	2.6	3.4	2.0	1.8	1.2	2.1
136	0.9	1,0	1.1	3.0	2.7	7.4	1.6	1.1	1.1	1.8
140	1.6	1,0	1.4	4.2	2.8	5.7	2.1	1.4	1.3	2.2
148	1.3	1,0	1.3	1.2	2.7	5.7	1.6	1.2	1.2	2.8
154	1.2	1,0	1.3	0.9	2.9	10.3	1.2	1.1	1.2	2.7
162	1.4	1,0	1.3	1.1	2.6	3.5	1.4	1.1	1.4	1.8
167	1.0	1,0	1.0	0.8	1.1	1.6	1.0	1.0	1.0	1.1
177	0.7	1,0	0.9	0.7	0.7	1.0	1.0	1.0	0.9	0.8
232	1.3	1,0	1.0	1.5	1.2	0.5	1.0	1.0	1.1	1.1

6.9.3—ÍNDICE DE GEOACUMULAÇÃO (I_{GEO})

A figura 39 apresenta os valores de I_{GEO} obtidos pelas concentrações de cada elemento determinado.

Figura 39 - Representação dos valores de I_{GEO} das concentrações dos elementos traço analisados no testemunho RSG.

A série I_{GEO} apresentada na Figura 39 indica um reservatório relativamente poluído em As quando comparado com a concentração dos sedimentos da planície aluvial do RSG. Entre as profundidades de 148 e 100 cm apenas Cu apresentou valores passíveis de serem classificados como positivos. Ainda, segundo o I_{GEO} de MÜLLER (1979) os demais elementos permanecem em uma faixa de concentração característica de não poluídos à fracamente poluídos (Figura 39).

6.9.3. NORMALIZAÇÃO POR ESCÂNDIO (SC)

A normalização por Sc tem por objetivo filtrar as influências da contribuição natural, associada às variações do escoamento superficial na bacia de drenagens, das contribuições antrópicas. Uma vez que o Sc não é um elemento presente de

forma significativa nos efluentes domésticos e industriais, suas variações relativas no meio ambiente guardam relações com mudanças naturais do aporte terrígeno, e podem ser diretamente atribuídas a maior ou menor lixiviação de metais constituintes da litologia da própria bacia de drenagem.

A Figura 40 apresenta a curva geral dos dados normalizados por Sc. A comparação entre os dados da série normalizada com os dados brutos pode ser verificado na Figura.

Figura 40 - Série de metais do RSG normalizadas por Sc.

A normalização por Sc muda radicalmente a interpretação do As do ponto de vista das fontes de contaminação.

Figura 41 - Comparação entre a série de dados brutos e a série normalizada por Sc dos metais do RSG. A linha tracejada em laranja representa o início da Fase Reservatório. As barras cinza claro marcam os picos de anomalia calculadas para a série de dados brutos.

6.10 AVALIAÇÕES PRELIMINARES DOS FLUXOS DE NUTRIENTES E METAIS

6.10.1 NUTRIENTES DO RSG

Os valores de PT medidos no topo do testemunho (~1200 µg/g) são comparativamente pouco mais elevados que os resultados obtidos em trabalhos prévios que apontam valores da ordem de 858 µg/g (LEITE, 2002). De modo geral as concentrações de PT medidas nos sedimentos do RSG apresentam valores moderados, em média 1200 µg/g. Como referência, podemos citar os valores registrados em sedimentos de outros reservatórios como é o caso dos valores medidos nos sedimentos do Reservatório Billings de 5000 µg/g (MOZETO et al., 2003) e Lagoa das Garças de 5316 µg/g (JESUS, 2008), todos localizada na região Metropolitana de São Paulo.

A presença de PI na coluna d'água ocorre principalmente nas formas do íon ortofosfato (PO_4^{3-}) e em menores concentrações sob a forma de HPO_4^{2-} e H_2PO_4^- (ESTEVES, 2011). Efluentes domésticos, com destaque para os detergentes, normalmente correspondem a mais da metade da contribuição de P total em sistemas antropizados (ESTEVES, 2011).

Nas avaliações das frações de carbono os sedimentos apresentaram concentrações moderadas de CO variando entre 1,2 a 4,3%. De modo geral, CI não apresenta concentrações significativas para as concentrações de CT.

6.10.2 EVOLUÇÃO DOS FLUXOS DE METAIS NO RSG

Na presente avaliação observamos que as concentrações dos elementos traço As, Cd, Cr, Cu, Ni e Pb, sofreram uma pronunciada alta no mesmo intervalo entre 148-100 cm, marcando um evento claro de interferência antrópica (Figura 42). A normalização por Sc apresenta um quadro novo para a interpretação das variações de diversos metais. De modo geral, as anomalias de Cu, e Cr identificadas entre as

profundidades de 148 e 100 cm mantem-se tal como se registra na série de dados brutos. Por outro lado, Zn, Mn, e As, Ni, Pb, sugerem novas interpretações.

Na série normalizada, Zn e Mn apresentam um claro enriquecimento gradual nos sedimentos em direção ao topo, com uma maior inflexão da curva a partir de 100 cm de profundidade (Figura 41). Já, Pb, Ni e As sustentam valores mais enriquecidos ao longo de todo o testemunho, o que contrasta com uma curva de queda como é observado na série de dados brutos (Figura 41). De todos os elementos, o que apresenta maior alteração é o Fe, que passa a descrever um salto expressivo a partir 104 cm, após o final do período de anomalias dos elementos (entre 148 e 100 cm).

Figura 42 - Quadro comparativo das curvas dos elementos As, Cd, Cr, Cu, Ni e Pb em concentrações mg/kg

Esse contexto de crescimento da concentração de certos elementos a partir da profundidade de 104 cm é bem refletido na Figura 43, que mostra a alta correlação entre as curvas de crescimento demográfico e o aumento das concentrações de PI,

Zn e Mn. O PI (Fósforo inorgânico) é um traçador químico indicativo de contribuições provenientes de lixiviação de solos tanto na área do entorno como na bacia de drenagem como um todo e dos efluentes industriais e, sobretudo, domésticos, associados majoritariamente, ao uso de detergentes. Nesse sentido, modificações do solo na área do entorno, variações da taxa de precipitação e crescimento populacional exercem forte controle sobre os fluxos de PI no reservatório e, por conseguinte, na disponibilidade de nutrientes para a produção primária.

Ressalta-se que os Zn e Mn, elementos que apresentaram tendência de enriquecimento nos sedimentos em direção ao topo, refletem ações de intensa atividade antrópica como mostra o item 4.3.2, Tabela 10.

Para avaliar o potencial da influência antrópica sobre as concentrações desses elementos, na Figura 43 as concentrações de PI, Zn e Mn dos sedimentos é confrontada com a curva de crescimento demográfico da região de Americana. A resolução amostral empregada na análise dos elementos traço e PI oscila entre 2 e 4 cm e a taxa de deposição média estimada para o testemunho é de 2,5 cm/ano. Assim, para remover a influência da variabilidade interanual sobre as concentrações desses elementos foi calculada uma curva de média móvel com suavização de 10 pontos o que em tese, representaria uma média próxima de 10 anos. Visualmente, nota-se na Figura 43 que a taxa de crescimento das concentrações de PI, Zn e Mn se assemelham à curva de crescimento demográfico de Americana, que podemos assumir como equivalente ao crescimento demográfico e econômico da região Metropolitana de Campinas. No caso particular do Mn, uma maior inflexão registrada próximo de 124 cm parece coerente com uma inflexão da curva de crescimento populacional próximo da década de 70 (Figura 43).

Figura 43 - Curva do crescimento demográfico acompanhada pelas curvas das concentrações de PI (%), Mn e Zn mg/kg

A influência das forçantes naturais, como a precipitação, sobre aspectos químicos dos sedimentos do RSG foi melhor observado para as concentrações de PI. Para esta comparação foi utilizada uma suavização da série de dados brutos a partir da curva de média móvel de cinco pontos. A suavização tem por objetivo eliminar parte da variabilidade interanual e intrasazonal cujo sinal pode prejudicar a comparação, especialmente no caso deste testemunho que não conta com um modelo geocronológico balizado por idades radiométricas nas porções intermediárias do registro. A curva suavizada de PI é confrontada com a série da média de cinco anos de anomalias de chuva medidas na área do RSG (Figura 44). Como é possível observar na Figura 44 variações nas concentrações de PI apresentam-se em fase com as oscilações de chuva local estimadas a partir da média de cinco anos das anomalias de chuva locais. Desse modo, ao passo que a curva de crescimento populacional parece explicar a tendência de aumento contínuo do aporte de PI no reservatório, a variabilidade de maior frequência, associada à variações de escala interanual, parecem estar associadas à variações do regime de chuvas. Nesse sentido, podemos assumir que as variações do aporte de nutrientes

no reservatório encontram relação com as mudanças no escoamento de água pluvial na bacia de drenagem do Atibaia.

Figura 44 - Curva do crescimento demográfico acompanhada pelas curvas das concentrações de PI (%) e Precipitações

6.11 ANÁLISES DE HIDROCARBONETOS AROMÁTICOS, PESTICIDAS ORGANOCLORADOS EBIFENILAS POLICLORADAS

6.11.1 HIDROCARBONETOS AROMÁTICOS POLICÍCLICOS (HPAS)

Os resultados obtidos das determinações dos hidrocarbonetos aromáticos policíclicos HPAs estão apresentados Figura 45 e Anexo tabela III.

As contribuições dos HPAs nos sedimentos do testemunho do RSG estão representadas pela somatória das concentrações totais de HPAs (ΣHPA), apresentando variações entre 24,8 a 963 $\mu\text{g/kg}$, o primeiro valor ainda na fase solo

(profundidade de 207 cm) e o maior valor na profundidade de 163 cm, sendo o naftaleno o maior contribuinte da somatória (Σ HPA) neste intervalo; apresentando concentração de 454 $\mu\text{g/kg}$. Os demais HPAs se encontram com níveis baixos, com exceção do perileno que embora seja caracterizado como HPA de origem natural apresentou altas concentrações, principalmente, no intervalo de profundidade entre 160 a 126 cm com valores entre 2.051 a 4.745 $\mu\text{g/kg}$ e entre 64 e 54 cm de profundidades, com valores de concentração de 1.763 $\mu\text{g/kg}$ e 2.586 $\mu\text{g/kg}$ respectivamente.

6.11.2 PESTICIDAS ORGANOCLORADOS (POCS)

Dentro da classificação dos poluentes organoclorados se encontram os Hexaclorobenzeno (HCB), Hexaciclohexano (HCH), Diclorodifeniltricloroetano (DDT), Diclorodifenildicloroetano (DDD), Diclorodifeniletano (DDE) Aldrin, Isodrin, Diedrin e Endrin, Heptacloro, Oxiclordana, Clordanos Endossulfan, Metoxicloro e Mirex .

Os POCs determinados nos sedimentos do Testemunho RSG apresentaram valores de concentração abaixo do nível de detecção, com exceção o p,p'DDE que apresentou concentrações mais elevadas entre 10,1 a 21,4 $\mu\text{g/kg}$, no intervalo de profundidade entre 148 a 114 cm atribuindo valores altos à Σ DDT.

Os demais POCs apresentaram concentrações baixas de: Σ HCB = <0,46 $\mu\text{g/kg}$ - Σ HCH = <0,24 $\mu\text{g/kg}$ - Σ Drins = 0,94 $\mu\text{g/kg}$ - Σ Clordanas = 0,08 $\mu\text{g/kg}$ - Σ Endossulfan = 1,12 $\mu\text{g/kg}$ - Metoxicloro = 0,79 e Mirex = 0,53. Resultados estão apresentados na Figura 45 e Anexo tabela V.A-E.

6.11.3 BIFENILAS POLICLORADAS (PCBS)

Os PCBs analisados nos sedimentos do testemunho RSG também apresentaram baixas concentrações na maior parte da extensão do testemunho, com exceção do intervalo entre as profundidades de 136 a 114 cm, onde

apresentam acréscimo nas concentrações com valores de 277 a 1.776 $\mu\text{g/kg}$. Observa-se nos valores das concentrações ΣPCBs tendência de declínio em direção ao topo do testemunho. Os resultados estão apresentados Figura 45, Anexo tabela VI A-D.

Figura 45 - Paralelo das Curvas formadas por Concentrações das ΣHPAs , ΣPCBs e p,p'-DDE

6.12 AVALIAÇÕES DA QUALIDADE DOS SEDIMENTOS DO TESTEMUNHO RSG EM RELAÇÃO AOS HPAS, POCS E PCBS

Na avaliação dos VGQS a legislação do Brasil (Resolução CONAMA 454/2012) utiliza dois parâmetros para avaliar a qualidade dos sedimentos, o nível 1 e nível 2; baseados nos conceitos TEL E PEL. O nível 1 consiste no limiar abaixo do qual determina-se baixa probabilidade de efeitos adversos à biota; e o nível 2 é o limiar acima do qual prediz um provável efeito adverso à biota.

As avaliações das concentrações dos HPAs, POCs e BPCs analisadas ao longo do testemunho RSG apresentaram em geral valores inferiores aos adotados pelo nível 1, Anexo tabela VII A-C. A Σ HPAs nos sedimentos encontra-se, em toda sua extensão, dentro do nível 1 ($<1000 \mu\text{g/kg}$), com concentrações entre 963 e $0,24 \mu\text{g/kg}$. Os valores mais baixos foram registrados na profundidade de 207cm (Fase Pré-reservatório) e a concentração mais alta ($963 \mu\text{g/kg}$), próximo de 160cm de profundidade, no nível que registra a fase de alagamento do reservatório. Nas avaliações individuais dos HPAs os valores máximos apresentados se enquadram dentro do nível 1, com exceção do naftaleno, que obteve concentração máxima de $454 \mu\text{g/kg}$, classificada como de nível 2 pelos critérios de VGQS do CONAMA, (Anexo, Tabela VIIA).

Os sedimentos do testemunho apresentaram valores nas Σ POCs abaixo das diretrizes do COAMA 454/2012, com exceção do p,p' DDE que apresentou concentrações de nível 2, com valores de concentração entre 10,1 a $21,4 \mu\text{g/kg}$ nas faixas de profundidade entre 148 a 114 cm (Figura 45). Os demais compostos de POCs apresentaram suas concentrações dentro do nível 1 (Anexo Tabela VIIB).

As Σ PCBs apresentaram na maior parte do testemunho concentrações dentro do nível 1 ($34,1 - < 277 \mu\text{g/kg}$), com valores entre $0,54$ a $152 \mu\text{g/kg}$, com exceção do intervalo entre 136 a 114 cm de profundidade, que apresenta concentrações no nível 2, com valores entre 277 e $1.766 \mu\text{g/kg}$. Ressalta-se que o CONAMA não menciona valores de referências das PCBs individuais, apenas a somatória (Σ PCBs) (Anexo, Tabela VIIC).

Os resultados obtidos mostraram que muito embora os pesticidas e os HPAs tenham apresentado, na maioria das amostras, valores abaixo dos limites de detecção, ainda sim foi possível identificar anomalias significativas (Figura 45). Nas avaliações individuais dos HPAs (Anexo, Tabela III) a maioria das amostras apresentaram valores máximos de VGQS acima do nível 1, registrados entre as profundidades de 160, 148, 64 e 54 cm. O único composto que apresentou valor de nível 2 foi o naftaleno, com concentrações entre 228 – $454 \mu\text{g/kg}$ registradas no intervalo entre 160 e 148 cm de profundidade. Embora o perileno tenha apresentado

as maiores concentrações, com valores entre 439 - 4.745 µg/kg, sua fonte é considerada como de origem biogênica (BÍCEGO, et al., 2006), não sendo referenciado pelo CONAMA.

O naftaleno é um HPA que apresenta baixa massa molecular e é caracterizado como de origem biogênica, sendo comumente encontrado em altas concentrações em regiões não antropizadas (WILCKE, et al., 2003). Entretanto, por ser considerado carcinogênico (NETO et al., 2002), o naftaleno é considerado poluente prioritário pela USEPA.

De forma similar os pesticidas POCs e PCBs também apresentaram valores baixos de concentrações (abaixo de nível de detecção) na maioria das amostras. Níveis com altas concentrações são registrados em intervalos específicos a 136, 126 e 114 cm de profundidade. No caso dos POCs o p,p'DDE foi o único pesticida organoclorado que obteve concentrações acima dos limites de detecção (10,1; 16,7 e 21,4 µg/kg) enquadrados como de nível 2 e registrados nas profundidades acima citadas (Figura 45). Estes valores apresentados pelos p,p'DDE são caracterizado como nível 2 pelas diretrizes do CONAMA 454/2012 (Anexo tabela VII.-B). Devido a sua toxicidade pela bioacumulação, biomagnificação e IEs (CLARK, 1992), este pesticida (banido há décadas) representou e representa um grande perigo para a biota (MELO et al., 2010).

Na avaliação dos PCBs foi utilizada a somatória dos valores das concentrações de PCBS. Nesse caso obtiveram-se resultados semelhantes aos POCs, com a maioria das amostras apresentando valores abaixo do limite de detecção. Anomalias de concentrações características de nível 2 (277, 1.766 e 472 µg/kg) foram registradas nas profundidades de 136, 126 e 114 cm (Figura 45) (Anexo, Tabelas IIIA-D e Tabela VIIC). Em razão de sua toxicidade, assim como para o p,p'DDE, as bifenilas tem o comércio e a produção proibidos no Brasil desde a década de 80 (CETESB, 2012).

Na Tabela VIII (Anexo) é apresentada uma matriz de correlação de Pearson para os contaminantes HPAs, p,p'DDE, PCBs, elementos traço e os demais indicadores químicos representados por PO, PI, PT, CO, CI e CT. A partir da matriz

de correlação observasse que: a) Σ HPAs não apresentou correlação significativa com nenhum outro parâmetro amostrado; b) o perileno apresentou correlação razoável com $r = 0,5$ com Cd e Pb e $r = 0,63$ com Zn e Sc e uma correlação negativa elevada com PT e PI $r = -0,67$ e $-0,60$ respectivamente; c) Naftaleno não apresentou correlação significativa com nenhum parâmetro relacionado; d) os pesticidas PCBs e p,p'DDE apresentaram comportamento semelhante, não obtiveram correlação significativa com os traçadores químicos porém, obtiveram correlação significativa com os elementos traço: os PCBs obteve $r = 0,6$ com As, Cd, Pb e $r = 0,7$ com Cr e Cu. Já, o p,p'DDE obteve correlação significativamente alta com $r \approx 0,9$ com Cd, Cr, Pb e $r \approx 0,7$ As, Cu e Ni (Anexo, Tabela VIII).

A falta de correlação entre os HPAs, representados pelo naftaleno e perileno, com os demais parâmetros químicos analisados, sugere que sua fonte independe de fatores associados a poluição antrópica. Como é possível observar na Figura 45 a maior anomalia de HPAs ocorre na transição entre as Fases Pré-reservatório e Reservatório (164 cm). Nesse sentido o aumento de concentração é diretamente associado a biomassa submersa em decorrência da inundação da planície aluvial (Figura 45). Já na Fase-Reservatório as variações podem ainda decorrer de mudanças no uso do solo, aumento das atividades agrícolas e ocupação urbana (desmatamentos e queimadas, LEITE et al, 2004, FONSECA et al., 2014).

Ressalta-se que ambos pesticidas p,p'DDE e PCBs não obtiveram correlação significativa com nenhum dos traçadores avaliados (PI, PO, CI e CO), mas sim com os elementos traço, na qual ambos apresentam as maiores concentrações no mesmo intervalo de profundidade. Logo, esperar-se-ia que estes resultados apresentassem uma interação entre influxo industrial e a lixiviação dos solos agrícolas no entorno, ricos em fertilizantes e pesticidas. No entanto o fato de não se observar correlação com fósforo e carbono seria um indicador de que as contribuições provenientes da lixiviação dos solos não foram significativas, caso contrário os pesticidas e fertilizantes ricos em fósforo e carbono proveniente da matéria orgânica presente nos solos deveriam mostrar alta correlação. Infere-se que, provavelmente, os maiores contribuintes dos organoclorados e bifenilas foram

influxos industriais que drenavam seus efluentes para o reservatório, como o caso das fabricantes de agrotóxicos Shell Química S.A. e Rhodia Solvay Group instaladas na região deste a década de 70.

6.13 MAGNETISMO AMBIENTAL

6.13.1 SUSCEPTIBILIDADE MAGNÉTICA (SM)

Os resultados das medidas de SM são apresentados na Figura 45. Os dados mostram uma acentuada inflexão da curva a partir de 164 cm de profundidade que corresponde ao provável período de inundação do reservatório. Neste ponto a SM recebe incremento de uma ordem de grandeza na intensidade com relação à base do testemunho, porção correspondente ao solo onde o valor de intensidade foi de $4,27 \times 10^{-8} \text{ m}^3/\text{kg}$. Já na Fase Reservatório, a 116 cm de profundidade, é registrado um aumento repentino de intensidade, quando as medições de SM registram valores próximos de $5,7 \times 10^{-7} \text{ m}^3/\text{kg}$. Em seguida a curva de SM descreve uma gradual tendência de redução em direção ao topo. Estas variações são acompanhadas pela curva de argila que apresenta a mesma tendência de decréscimo em direção ao topo do testemunho, variando de 36% na profundidade de 110 cm para 22 % junto ao topo da profundidade (Figura 45).

Na análise da matriz de correlação de Pearson a SM e a argila mostram correlação positiva $r = 0,55$. Entretanto a correlação negativa observada para silte ($r = -0,37$) e areia fina ($r = -0,38$) sugere que a SM pode ser sensível à tamanhos dos grãos (Tabela 28eFigura 47).

Figura 46 - Susceptibilidade magnética do testemunho do RSG

Figura 47 - Curvas de Argila com Susceptibilidade Magnética

Tabela 28 - Matriz de correlação Pearson das variáveis Granulométricas com os parâmetros Magnéticos.

Person	Silte	Argila	Areia fina	SM	MRA	MRI	MRN
Silte		-0,74727	0,12	-0,3713	-0,38705	-0,30949	-0,48313
Argila	-0,74727		-0,07578	0,54945	0,52168	0,47972	0,57804
Areia fina	0,12	-0,07578		-0,37921	-0,31787	-0,34524	-0,22175
SM	-0,3713	0,54945	-0,37921		0,82304	0,74108	0,73061
MRA	-0,38705	0,52168	-0,31787	0,82304		0,71414	0,85351
MRI	-0,30949	0,47972	-0,34524	0,74108	0,71414		0,54013
MRN	-0,48313	0,57804	-0,22175	0,73061	0,85351	0,54013	

6.13.2 MAGNETIZAÇÃO REMANENTE NATURAL (MRN)

Os resultados da MRN medidas nos sedimentos RSG são apresentados na Figura 48. As intensidades da MRN indicam um incremento de duas ordens de grandeza entre as fases Pré-reservatório e Reservatório, saltando de valores próximos de 4.1×10^{-5} para $2 \times 10^{-3} \text{ Am}^2/\text{kg}$ na transição em 164 cm.

A curva da MRN apresenta o maior incremento de intensidade $2,4 \times 10^{-3} \text{ Am}^2/\text{kg}$ dentro do mesmo intervalo de profundidade (140-100 cm) onde se sinalizam os maiores picos de porcentagem de argila com média de 31%; sofrendo, ambas as curvas: MRN e argila declínio em direção ao topo do testemunho. A MRN apresenta queda de uma ordem de grandeza, atingindo valores médios próximo ao topo de $6,4 \times 10^{-4} \text{ Am}^2/\text{kg}$ e argila apresenta média de 24% (Figura 48).

A correlação de Pearson associando a MRN com as curvas granulométricas mostra correlação positiva com argila ($r = 0,58$). Correlações negativas foram encontradas com silte ($r = -0,48$) e areia fina ($r = -0,22$) (Tabela 28 e Figura 49).

Figura 48 - Curva da Magnetização Remanente Natural (Am²/kg)do testemunho sedimentar do RSG

Figura 49 - Magnetização remanescente natural do testemunho sedimentar do RSG

6.13.3 MAGNETIZAÇÃO REMANENTE INDUZIDA (MRI)

A Figura 50 mostra os valores da razão-S. Os dados indicam um incremento no valor desta após a fase de inundação do reservatório, apresentando comportamento similar à da curva da SM, exibindo inflexão próxima de 90° na profundidade de ≈ 160 cm. Na base do testemunho a razão foi <0.7 e após período de inundação a partir de ≈ 164 cm de profundidade até o topo do testemunho apresentam razões >0.7 com mínimo de 0,83 e máximo de 0.96; que demonstra predomínio de elementos ferrimagnéticos (Figura 50 e Anexo TabelaIV).

A correlação de Pearson da MRI com as curvas das porcentagens de argila mostra $r = 0,48$, entretanto, com silte e areia fina possui correlação negativa $r = -0,31$ e $-0,34$ respectivamente; semelhante a SM e MRN (Tabela 28e Figura 51). Observa-se que a curva da MRI apresenta tendência de declínio significativo em direção ao topo semelhante aos demais parâmetros geomagnéticos.

Figura 50 - Curva da Razão S (MRI300/ MRI900) da Magnetização Remanente Isotérmica dos sedimentos do testemunho do RSG

Figura 51–Razão-S (MRI300/MRI900) do testemunho sedimentar do RSG

6.13.4 MAGNETIZAÇÃO REMANENTE ANISTERÉTICA (MRA)

A Figura 52 apresenta os valores de MRA para os sedimentos do RSG. Entre as Fases Pré-reservatório e Reservatório os valores de MRA apresentam um incremento na ordem de duas grandezas, sofrendo variação entre 3.7×10^{-4} na base do testemunho para $3.1 \times 10^{-2} \text{ m}^3/\text{kg}$ logo após a transição, na profundidade de 160 cm. O maior valor é registrado em 140 cm de profundidade ($4 \times 10^{-2} \text{ m}^3/\text{kg}$).

O aumento do MRA é indicativo de um incremento na concentração de grãos ferrimagnéticos na composição dos sedimentos. Da mesma forma como é observado nos demais índices de magnetismo ambiental, a partir de 109 cm a curva de MRA apresenta tendência de declínio em direção ao topo do testemunho (Figura 52), demonstrando as variações das contribuições antrópica no sistema.

Em relação à granulometria a curva da MRA mostra igual tendência de declínio junto à curva de argila. Nas análises estatísticas a correlação de Pearson os valores de são 0,52 para argila, -0,39 para silte e -0,32 para areia fina (Tabela 28, Figura 53).

Figura 52 - Magnetização remanente anisotrópica do testemunho sedimentar do RSG

Figura 53 - MRA (Am^2/kg) correlação com porcentagem de Argila (%)

6.13.5 AVALIAÇÃO DA RELAÇÃO ENTRE PARÂMETROS MAGNÉTICOS E ELEMENTOS TRAÇO

No presente trabalho as medidas obtidas dos parâmetros magnéticos foram correlacionadas com as concentrações dos elementos traço apresentadas pelos sedimentos do testemunho. Para as análises de correlação utilizou-se a matriz de correlação de Pearson que indicou uniformidade nos resultados, na qual os parâmetros magnéticos avaliados (SM, MRN, MRI e MRA) apresentaram r positivo com todos os elementos traço determinados (Tabela 29).

Dentre os diferentes parâmetros magnéticos analisados a SM foi a que apresentou os valores mais baixos de correlação. Ainda assim, a SM apresenta valor de correlação significativamente alto com o Fe ($r = 0,65$) (Tabela 29, Figura 54).

A MRN foi o parâmetro que apresentou, em média, a maior correlação com os elementos traço, com destaque para Cu, Pb, Cr, As, Ni (Tabela 29). Na profundidade entre 100 e 140 cm, onde é descrita uma forte anomalia de metais, também se registra considerável aumento da MRN (Figura 55) traz em destaque, região achureada). Entretanto a MRN apresentou a menor correlação com Fe e Mn (Tabela 29).

A MRI foi o parâmetro que obteve a maior correlação com Fe ($r = 0,86$) e Mn ($r = 0,53$), (Tabela 29). No intervalo entre 120 e 110 cm destaca-se uma boa comparação com os maiores picos das curvas de Zn, Ni e Cu (Figura 56).

A MRA obteve a maiores correlações de Pearson para Cu ($r = 0.48$) e Pb ($r = 0.37$) (Tabela 29). A Figura 57 mostra em destaque a boa relação que os picos de MRA entre 140 e 100 cm de profundidade tem com anomalias positivas nas concentrações de Cu, Pb e Ni.

Tabela 29 - Matriz de Correlação de Pearson das variáveis das concentrações dos elementos analisados com os parâmetros magnéticos. Em vermelho são marcado os números acima de 0.5.

Pearson	SM m ³ /kg	MRA m ² /kg	MRI Ration-S 300/900	MRN m ² /kg	As mg/Kg	Cd mg/Kg	Cr mg/Kg	Cu mg/Kg	Fe mg/Kg	Mn mg/Kg	Ni mg/Kg	Pb mg/Kg	Sc mg/Kg	Zn mg/Kg
SM m ³ /kg														
MRA m ² /kg	0.82													
MRI R-S 300/900	0.74	0.71												
MRN m ² /kg	0.73	0.85	0.54											
As mg/Kg	0.26	0.32	0.27	0.48										
Cd mg/Kg	0.14	0.30	0.05	0.49	0.54									
Cr mg/Kg	0.19	0.31	0.19	0.49	0.84	0.62								
Cu mg/Kg	0.35	0.48	0.34	0.58	0.79	0.62	0.83							
Fe mg/Kg	0.65	0.55	0.86	0.38	0.15	-0.14	0.08	0.14						
Mn mg/Kg	0.37	0.24	0.53	0.03	-0.36	-0.31	-0.42	-0.40	0.63					
Ni mg/Kg	0.32	0.36	0.38	0.44	0.79	0.35	0.77	0.71	0.29	-0.17				
Pb mg/Kg	0.22	0.37	0.19	0.56	0.84	0.81	0.90	0.81	0.03	-0.38	0.76			
Sc mg/Kg	0.02	0.13	-0.10	0.38	0.65	0.67	0.76	0.48	-0.12	-0.48	0.55	0.82		
Zn mg/Kg	0.24	0.24	0.46	0.19	0.50	0.08	0.45	0.34	0.53	0.19	0.68	0.42	0.34

Figura 54 - Susceptibilidade magnética e elementos que apresentaram maior correlação de Pearson do testemunho sedimentar do RSG. A área hachurada indica o intervalo de maior anomalia

Figura 55 - Magnetização remanescente natural e elementos que apresentaram maior correlação de Pearson do testemunho sedimentar do RSG. A área hachurada indica o intervalo de maior anomalia

Figura 56 - Magnetização remanescente isotérmica e elementos que apresentaram maior correlação de Pearson do testemunho sedimentar do RSG. A área achureada indica o intervalo de maior anomalia. Linha vertical contínua representa a média das concentrações de metais

Figura 57 - Magnetização remanescente anisterética e elementos que apresentaram maior correlação de Pearson do testemunho sedimentar do RSG. A área hachureada indica o intervalo de maior anomalia

6.14 TECAMEBAS

6.14.1 PADRÃO DE DISTRIBUIÇÃO DAS TECAMEBAS E SEUS ÍNDICES ECOLÓGICOS

A identificação das espécies e seus respectivos valores de abundância, densidade, riqueza, diversidade estão apresentados na Tabela 30. Ao longo do testemunho foram identificados 463 indivíduos de tecamebas, agrupados em 20 taxa (Tabela 30). Alguns desses taxa estão representados nas pranchas 1 a 2 (Figura 58 e Figura 59).

Tabela 30 - Valores de densidade, riqueza/taxa (S), riqueza de Margalef, diversidade de Simpson e as espécies de tecamebas do testemunho RSG, coletado no reservatório Salto Grande, Americana, SP

FACIES	Profundidade (cm)	Densidade (n° indivíduos/10cc)	Riqueza/Taxa (S = número de espécies)	Riqueza de Margalef (D _{mg})	Diversidade Simpson (1-D)	<i>Arcella costata angulosa</i>	<i>Arcella megastoma</i>	<i>Arcella gibbosa</i>	<i>Centropyxis aculeata discoide</i>	<i>Centropyxis constricta</i>	<i>Centropyxis ecoris</i>	<i>Diffugia capreolata</i>	<i>Diffugia chaquensi</i>	<i>Diffugia corona</i>	<i>Diffugia oblonga</i>	<i>Diffugia cylindrus</i>	<i>Diffugia elegans</i>	<i>Diffugia litophila</i>	<i>Diffugia gramen</i>	<i>Lesquereusia globulosa</i>	<i>Netzelia tuberculata</i>	<i>Netzelia oviformis</i>	<i>Netzelia wallei</i>	<i>Pontigulasia c. ecoris</i>	<i>Pontigulasia coroniformis</i>
5	0	4	2	0,7213	0,375		1	3																	
	8	5	3	1,243	0,56		1	3	1																
	16	7	3	1,028	0,449			5		1				1											
	18	3	2	0,9102	0,4444			2						1											
	22	5	4	1,864	0,72		2	1						1		1									
	26	2	2	1,443	0,5			1						1											
	30	7	2	0,5139	0,4082			2						5											
34	3	3	1,82	0,6667		1	1						0								1				
4	42	16	3	0,7213	0,6172			5		3				8											
	46	32	8	2,02	0,8027		5	5						9						1	1	8		2	1
	50	16	6	1,803	0,7344		2	7		1				2							3				1
	54	6	4	1,674	0,6667		3	1						1				1							
	62	22	6	1,618	0,7851		4	7						5						2		1			3
	66	50	7	1,534	0,6976		5	3	25					4						1		8			4
	70	21	4	0,9854	0,6939		9	0	3					6								3			
	74	19	4	1,019	0,6759				8					6	1					4					
	82	43	5	1,063	0,6522				13					5			2			21		2			
	86	29	6	1,485	0,7158		2	1	10					11						3	2				
	90	45	5	1,051	0,7368		11	6	18					4								6			
	94	32	6	1,443	0,7363			6	12			1		9									2	2	
3	114	5	2	0,6213	0,48			2						3											
	122	8	4	1,443	0,7188		1							3			2						2		
	126	6	3	1,116	0,6111		3		1					2											
	132	3	3	1,82	0,6667		1	1	1																
	136	7	3	1,028	0,5714		1	4			2														
	140	1	1	0	0		1																		
	144	2	2	1,443	0,5			1						1											
148	7	4	1,542	0,6939	1		3						2								1				
2	154	5	3	1,243	0,56			3			1							1							
	158	11	4	1,251	0,7107			1						4					3						3
	162	18	7	2,076	0,8025				4			1		5	4				2		1	1			
	167	10	3	0,8686	0,58			5							4				1						
	177	13	5	1,559	0,7456		4				1		1								4	3			
1	182	0	0	-	-																				
	187	0	0	-	-																				
	192	0	0	-	-																				
	202	0	0	-	-																				
	227	0	0	-	-																				
	232	0	0	-	-

Figura 58 - Taxa de tecamebas encontradas nos sedimentos do RSG. A- *Arcella costata angulosa*. A1-A2, A3b e A4- *Arcella megastoma*. A5 e A6- *Arcella gibbosa*. A7 Arcellas em fase reprodutiva. A8 taxa de *Arcellas*, mostrando os diferentes tamanhos e morfotipos. C a C9 Taxa de *Centropyxis aculeata discoide*. C10 e C11 *Centropyxis ecornis*. C13 Taxon *Centropyxis*, mostrando os diferentes tamanhos e morfotipos da espécie. P- *Pontigulasia*

Figura 59 - D- *Diffflugia chaquensi*. D1- *Diffflugia capreolata*. D2- *Diffflugia oblonga*. D3 e D4- *Diffflugia corona*. D5- *Diffflugia ecornis*. D6-*Lesquereusia globulosa*.D7- *Diffflugia oblonga*. D8- *Diffflugia urceolata*. D9- *Diffflugia oblonga capreolata**. D10-Taxa *Diffflugia*. N e N1- *Netzelia oviformis*. N2 e 3- *Netzelia wailesi*

De modo geral, há a dominância dos gêneros *Centropyxis*, *Diffflugia* e *Arcella*, em ordem decrescente de importância, em todas as amostras estudadas (Figura 60, Tabela 30).

Figura 60 - Diagrama representativo da abundância dos gêneros de tecamebas, presente no testemunho sedimentar

A partir da análise da meio fauna, conjugada aos dados sedimentológicos (i.e., descrição macroscópica e granulométrica), foi possível identificar cinco fácies sedimentares distintas (Tabela 30, Figura 61). A Fácies 1 inicia na base do testemunho (232cm de profundidade) e estende até a profundidade de 177 cm. Essa fácies é constituída por sedimentos lamosos, bem consolidados com alta presença de material radicular, sugestivo de solo. A Fácies 1 é destituída de tecamebas ou outro organismo indicador de ambiente lacustre (Figura 61).

De 177cm até a profundidade de 154cm, passa ocorrer a Fácies 2, que se sobrepõe em contato abrupto à Fácies 1. A Fácies 2 é formada por lama marrom-clara consolidada, homogênea, com alto teor de umidade (Figura 61). Nesse intervalo é possível observar uma tênue estratificação plana paralela, bem como o surgimento de tecamebas no testemunho. Nesses 24 centímetros ocorrem associações compostas por *Arcella gibbosa*, *A. megastoma*, *Diffugia corona*, *D. oblonga*, *D. gramen*, e *Centropyxis discoide aculeata* (Figura 61). Os valores de densidade, riqueza variam de 5 a 18 indivíduos. -10cc e de 3 a 7 espécies, respectivamente (Tabela 30, Figura 61). Baseado nos dados obtidos, pode-se inferir que a fácies 2 seja indicativa da transição de solo e início do reservatório.

A partir de 154 cm, a Fácies 3 sobrepõe-se suavemente à Fácies 2 e estendem-se até a profundidade de 94 cm. Essa fácies apresenta estratificação

plano paralela, com níveis centimétricos de lama preta, intercalados com lama marrom (Figura 61). Nesses níveis ocorre declínio abrupto da abundância e riqueza de tecamebas, passando a dominar as espécies *Arcella gibbosa*, *Diffflugia corona*, seguidas de *A. megastoma* (Figura 61). Os valores de densidade oscilam entre 1 e 8 e os de riqueza 1 e 4 (Tabela 30, Figura 61).

Entre 94 a 34 cm de profundidade (Fácies 4), o padrão de estratificação plano paralela ainda é observado (Figura 61), entretanto, ocorre aumento dos valores de abundância (6 e 50 ind.-10cc) e riqueza (3 a 8) (Tabela 30, Figura 61), bem como a dominância de *Centropyxis aculeata discoide*, seguida por *Diffflugia corona*, *Arcella megastoma*, *Diffflugia gramen*, *Netzelia oviformis*, *Netzelia tuberculosa*, *Lesquereusia globulosa* *Protocurcubitella coroniformis*. A partir da profundidade 66 cm até o topo do testemunho, *Arcella gibbosa* desaparece.

No intervalo entre 34 a 0 cm (Fácies 5), os sedimentos lamosos são quase fluidos, mas, os mesmos ainda mantêm o aspecto estratificado (Figura 61). Nessa porção superior do testemunho, ocorre novamente declínio da densidade (2 a 7 ind.-10cc) e riqueza (2 a 4 espécies), com predominância de *Centropyxis aculeata discoide*, seguida de *Arcella megastoma* e *Diffflugia corona* (Tabela 30, Figura 61 e Figura)

Figura 61. Testemunho sedimentar do reservatório de Salto Grande

Figura 62 - Distribuição das principais espécies de tecamebas por faixa de profundidade dos sedimentos (Fácies) no testemunho

Figura 63 - Variação do número de Espécimes e Taxa em função da profundidade

6.14.2 PADRÃO DE DISTRIBUIÇÃO DAS MÉDIAS DOS VALORES DOS ÍNDICES ECOLÓGICOS, DAS FÁCIES SEDIMENTARES DO TESTEMUNHO RSG.

As curvas das médias dos valores de densidade, riqueza (S), riqueza de Margalef (D_{Mg}), diversidade de Simpson ($1-D$) por fácies (i.e., por intervalos de profundidade) apresentam padrão de distribuição semelhante entre si (Tabela 31, Figura 64). Assim que o reservatório é formado, há aumento das tectamebas (Fácies2) que tendem a declinar posteriormente na Fácies 3. Na Fácies4 são observados os maiores valores dos quatro índices. Rumo ao topo, na Fácies 5, os valores decrescem novamente (Tabela 31, Figura 64).

Tabela 31 - Média dos valores de densidade, riqueza (S), riqueza de Margalef (DMg), diversidade de Simpson (1-D), diversidade taxonômica (Δ) e distinção taxonômica (Δ^*) das fácies sedimentares do testemunho RSG. Fácies1 é estéril

FACIES Prof. (m)	5 34	4 94	3 154	2 177
Densidade (ind.-10cc)	32	331	39	57
Riqueza/Taxa (S)	7	16	9	13
Margalef (D_{Mg})	1.731	2.585	2.184	2.968
Simpson (1-D)	0.6816	0.8043	0.7968	0.892
Diversidade (Δ)	2.03	2,349	2,287	2,529
Distinção (Δ^*)	2,885	2,911	2,797	2,786

Figura 64 - Curvas das médias dos índices de riqueza (taxa), densidade (indivíduos. -10cc), diversidade de Simpson, riqueza de Margalef por fácies. Fácies2 (177-154 cm), Fácies 3 (154-94 cm), Fácies 4 (94-34 cm), Fácies5 (34-0 cm)

O maior valor de Δ ocorre na profundidade 177 cm (Fácies 2), onde também é observado o maior valor da diversidade de Margalef. Já a maior afinidade taxonômica entre as espécies amostradas (Δ^*) é verificada na profundidade de 94 cm, ou seja, na Fácies 4, todos os gêneros estão presentes (Tabela 31).

Observando os índices ecológicos por intervalos de profundidades (Tabela 31), constata-se que a distribuição das tecamebas segue um padrão modulado com as concentrações de elementos traço (Figura 65). As maiores concentrações de elementos traço e os menores valores dos índices ecológicos ocorrem no intervalo 98 - 154 cm. Rumo ao topo de testemunho, as concentrações dos elementos traço diminuem e os índices aumentam. Entretanto, no intervalo 8 - 34 cm, os índices atingem seu menor valor e as concentrações dos elementos traço e pesticidas se apresentam moderadas, sugerindo que neste período outros fatores ambientais ou antrópicos devem ter influenciado as comunidades de tecamebas.

Figura 65 - Representação das concentrações dos elementos traço com a abundância de tecamebas

6.14.3 ANÁLISE DE CORRESPONDÊNCIA CANÔNICA (ACC)

Os dois primeiros eixos explicaram 38,91% da variação na distribuição das espécies de tecamebas (Tabela 32, Figura 66).

A maior parte dos elementos traço possui dispersão muito próxima à origem e apresenta valores negativos nos eixos 1 e 2. Isto significa correlação inversa das

populações de tecamebas com a granulometria e as concentrações de elementos traço (Figura 66).

Ao longo do eixo 1 ocorre um gradiente que varia de sedimentos arenosos ricos em Cd, As e Cu a sedimentos lamosos com teores de Fe e Mn.

Diffugia oblonga, *Diffugia capreolata*, *Arcella gibbosa*, *N. tuberculata*, *Centropyxis ecornis*, *C. constricta* estão agrupadas aos sedimentos arenosos e *L. globulosa* e *Pontigulasia coroniformis* aos sedimentos lamosos (Figura 66).

Tabela 32 - Eixos, eigenvalues e porcentagens de explicação de variância dos eixos

Eixos	Eigenvalues	%
1	0,28704	21,74
2	0,22674	17,17
3	0,19114	14,48
4	0,14736	11,16
5	0,13464	10,2
6	0,099963	7,572
7	0,07242	5,485
8	0,062354	4,723
9	0,042642	3,23
10	0,03221	2,44
11	0,021309	1,614
12	0,0024106	0,1826
13	6,21E-08	4,70E-06

Figura 66 - Diagrama de ordenação das espécies de tecamebas do testemunho RGS, produzido pela análise de Análise Correspondência Canônica

6.14.4 ANÁLISE MULTIVARIADA DE ESCALAÇÃO MULTIDIMENSIONAL NÃO MÉTRICA (NMDS)

A NMDS, realizada a partir dos índices de diversidade, riqueza e densidade, distinguiu duas agregações nítidas (Figura 67). A primeira agrega as faixas de profundidade de 8 a 34 cm (Fácies 5 - borda vermelha da Figura 67) e de 114 a 154 cm e (Fácies 3 -borda vermelha e azul escuro). A segunda agregação ocorre entre as faixas de 42 a 94 cm de profundidade (Fácies 4) e de 158 a 177 cm (Fácies 2). Os valores de riqueza (Taxa) se alinham preferencialmente com o eixo 2, enquanto que os valores de densidade ao eixo 1 (Tabela 33). Esses resultados permitem inferir que ocorre sobreposição entre as fácies 2 e 4 e as fácies 3 e 5.

Tabela 33 - Distribuição da riqueza e densidade nos eixos 1 e 2 da análise NMDS.

NMDS	Eixo1	Eixo2
Riqueza (Taxa- S)	0.68113	0.39684
Densidade (indivíduos.-10cc)	0.20608	0.56347

Figura 67 - NMDS (Gower) Índices de diversidade, N° de Espécimes e Taxa por profundidade.

A ordenação obtida pelo método de análise multivariada NMDS (do inglês para *non-metric multidimensional scaling*) (Gower) pode ser considerada muito boa, pois o valor de stress (i.e., incompatibilidade entre as ordens de classificação das distâncias nos dados e na ordenação) é igual a 0,06204 (Figura 68).

Figura 68–Curva de Shepard NMDS. Stress=0,06204.

A NMDS mostra que *A. megastoma*, *D. corona* e *N. oviformis* aparecem em todas as faixas e *N. tuberculata*, *D. gramen*, *P. coroniformis* apresentaram comportamento mais seletivo. Este resultado pode ser conferido na Figura 62.

6.14.5 CORRELAÇÃO ENTRE TECAMEBAS E TRAÇADORES QUÍMICOS (NUTRIENTES ELEMENTOS TRAÇO, PESTICIDAS ORGANOCLORADOS E HIDROCARBONETOS-HPAS)

6.14.5.1 TECAMEBAS E NUTRIENTES

De modo geral, o padrão de distribuição do fósforo (PI) apresenta uma curva com tendência gradativa de incrementos, da base ao topo, indicando um influxo contínuo de nutrientes no sistema (Figura 69).

Esse padrão não é observado para os valores de abundância de tecamebas. Por exemplo, a curva das populações de tecamebas sofrem três eventos marcantes não relacionados às curvas das concentrações de fósforo. Dois eventos revelam declínio populacional (o primeiro no intervalo 158-114cm e o segundo entre 46 a 0 cm de profundidade) (Figura 69). O terceiro evento bem significativo encontra-se no

intervalo 114 a 46 cm de profundidade, onde se observa aumento da abundância das populações.

Figura 69 - Concentração do Fósforo Inorgânico e abundância de indivíduos de Tecamebas.

A baixa correlação entre a curva do fósforo inorgânico (PI) e de tecamebas é demonstrada pelo baixo índice do coeficiente de Pearson ($r = 0,24$) (Tabela 34).

Tabela 34 - Matriz de correlação de Densidade de Tecamebas (ind.-10cc) com indicadores químicos Fósforo orgânico e inorgânico (PO, PI) e Carbono orgânico em % (CO), matéria orgânica % (MO).

Correlação	Densidade	PO ($\mu\text{g/g}$)	PI ($\mu\text{g/g}$)	CO %	MO %
Pearson	(ind.-10cc)				
Densidade (ind.-10cc)		0,060	0,241	-0,065	0,012
PO ($\mu\text{g/g}$)	0,060		-0,206	0,478	-0,234
PI ($\mu\text{g/g}$)	0.241	-0.206		-0.345	0.400

A correlação entre fósforo orgânico (PO) e tecamebas é mais baixa ($r = 0,06$) que a obtida entre PI e tecamebas (Tabela 34). Nota-se na curva do PO oscilações de grande amplitude, mas estas não são sincrônicas às das tecamebas (Figura 70).

Figura 70 - Concentração do Fósforo Orgânico e abundância de indivíduos de Tecamebas

Da mesma forma ocorre com Carbono orgânico (CO), que apresenta uma curva semelhante a do PO, com contínuos influxo no sistema, porém, sem grandes amplitudes e indiferente aos eventos de variações na abundância das tecamebas (Figura 71). Esta relação é demonstrada pela correlação de Pearson com resultado negativo $r = -0,06$, o mais baixo obtido nas avaliações dos nutrientes analisados (Tabela 34).

Figura 71 - Concentração do Carbono Orgânico e abundância de indivíduos de Tecamebas.

Portanto, a partir da análise de correlação de Pearson, foi possível constatar baixa correlação entre os valores de densidade das tecamebas e os teores de dos nutrientes (fósforo orgânico, fósforo inorgânico, carbono orgânico) e de matéria orgânica (Tabela 34). Tais resultados permitem sugerir que estes parâmetros não atuaram como fatores limitantes para as populações de tecamebas.

6.14.5.2 TECAMEBAS E ELEMENTOS TRAÇO

As análises de correlação de Pearson identificaram correlações inversas entre os elementos traço e as tecamebas (Tabela 35). Contudo, essas correlações apresentam valores baixos, não sendo, portanto, estatisticamente significativas (Tabela 35).

Tabela 35 - Matriz de Correlação de Pearson das concentrações dos elementos traço (mg/kg) com abundância de Tecamebas (ind.-10cc)

Pearson	Abundância Tecamebas	As	Cd	Cr	Cu	Fe	Mn	Ni	Pb	Sc	Zn
Abundância Tecamebas		-0,20	-0,29	-0,36	-0,30	-0,01	0,23	-0,28	-0,32	-0,38	-0,35
As	-0,20		0,55	0,88	0,85	0,20	-0,35	0,86	0,86	0,63	0,62
Cd	-0,29	0,55		0,77	0,65	-0,07	-0,45	0,57	0,82	0,80	0,17
Cr	-0,36	0,88	0,77		0,86	0,07	-0,45	0,87	0,97	0,81	0,58
Cu	-0,30	0,85	0,65	0,86		0,15	-0,34	0,89	0,85	0,48	0,53
Fe	-0,01	0,20	-0,07	0,07	0,15		0,71	0,24	0,03	-0,04	0,54
Mn	0,23	-0,35	-0,45	-0,45	-0,34	0,71		-0,27	-0,47	-0,48	0,15
Ni	-0,28	0,86	0,57	0,87	0,89	0,24	-0,27		0,88	0,57	0,70
Pb	-0,32	0,86	0,82	0,97	0,85	0,03	-0,47	0,88		0,84	0,52
Sc	-0,38	0,63	0,80	0,81	0,48	-0,04	-0,48	0,57	0,84		0,37
Zn	-0,35	0,62	0,17	0,58	0,53	0,54	0,15	0,70	0,52	0,37	

6.14.5.3 TECAMEBAS E ELEMENTOS TRAÇO E PARÂMETROS MAGNÉTICOS

Na matriz de correlação de Pearson, os parâmetros magnéticos não obtiveram correlação significativa com a abundância e a riqueza de tecamebas (Tabela 36).

Tabela 36 - Matriz de Correlação de Pearson dos parâmetros magnéticos com abundância e riqueza

Pearson	Abundância	Riqueza	SM	MRA	MRI	MRN
Abundância		0,773	0,002	-0,078	0,056	-0,168
Riqueza	0,773		-0,148	-0,132	-0,101	-0,293
SM	0,002	-0,148		0,879	0,817	0,758
MRA	-0,078	-0,132	0,879		0,723	0,842
MRI	0,056	-0,101	0,817	0,723		0,638
MRN	-0,168	-0,293	0,758	0,842	0,638	

6.14.5.4 TECAMEBAS E COMPOSTOS ORGANOCLORADOS (PCBS, DDTS) E HPAS.

As maiores concentrações de compostos organoclorados (PCBs e DDT), bem como o primeiro e maior declínio das populações de tecamebas (destacado em lilás, Tabela 37) ocorrem no intervalo compreendido entre 160 e 104cm. Esse intervalo corresponde à porção final da Fácies 2e toda a Fácies 3. Nesse intervalo também são observadas as maiores concentrações de HPAs (Tabela 37) e de elementos traço. De 92 a 44 cm de profundidade os valores de organoclorados e HPAs diminuem e os valores de densidade, riqueza e diversidade aumentam (cor verde, Tabela 37).

Tabela 37 -Compostos organoclorados (PCB, DDT), HPAs, frequência absoluta das espécies de tecamebas e seus respectivos índices ecológicos dotestemunho RGS.Cor lilás - Maiores concentrações de pesticidas e primeiro declínio de densidade e riqueza das tecamebas. Azul claro - Valores de densidade e riqueza relativamente elevados. Vermelho claro - Segundo declínio das tecamebas. Vermelho escuro - maiores densidades de tecamebas. Verde claro - Maiores valores de diversidade

Fácies	Profundidade	ΣPCBs	Σ DDT	ΣHPAs	<i>A. gibbosa</i>	<i>A. megastoma</i>	<i>L. uculella</i>	<i>discoides</i>	<i>C. ecornis</i>	<i>D. corona</i>	<i>D. oblonga</i>	<i>D. elegans</i>	<i>D. gramen</i>	<i>L. globulosa</i>	<i>N. tuberculata</i>	<i>N. oviformis</i>	<i>N. wailesi</i>	<i>P. coroniformi</i>	Σ Espécimes	Σ Taxa	Simpson_1-D	Margalef
5	8	24,4	<0,15	258	0	1	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	2	0,4	0,7
	16	37,9	0,557	519	0	0	5	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	7	3	0,5	1
	26	30,9	0,580	487	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	2	0,5	1,4
	38	36,9	<0,17	318	0	4	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	6	3	0,5	1,1
4	44	28,5	0,394	333	0	5	5	3	9	0	0	0	0	1	1	8	0	1	33	8	0,8	2
	54	40,1	0,918	561	0	3	7	1	2	0	0	0	0	0	3	0	0	1	17	6	0,8	1,8
	64	41,7	0,997	644	3	5	25	0	4	0	0	0	0	1	0	8	0	4	50	7	0,7	1,5
	76	57,5	1,333	469	0	9	8	0	6	1	0	4	0	0	0	0	0	0	28	5	0,8	1,2
	88	73,5	2,338	432	1	2	10	0	11	0	2	21	2	0	2	0	0	0	51	8	0,7	1,8
	92	108	<0,15	488	6	11	18	0	4	0	0	0	0	0	6	2	2	0	49	7	0,8	1,5
3	104	152	4,276	387	2	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5	2	0,5	0,6
	114	472	16,7	372	0	3	1	0	2	0	0	0	0	0	0	0	2	0	8	4	0,7	1,4
	126	1766	21,4	380	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6	3	0,7	1,8
	136	277	10,089	406	4	1	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	7	3	0,6	1
	148	52	10,65	759	3	1	0	0	2	0	0	0	0	0	0	1	0	0	7	4	0,7	1,5
	154	14,7	4,109	171	3	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	2	0,4	0,7
	160	2,48	4,795	963	5	0	4	0	5	4	0	3	0	1	1	0	3	0	26	8	0,9	2,2
2	177	0,54	<0,15	113	0	4	0	1	0	0	0	0	0	0	4	3	0	0	12	4	0,7	1,2

De modo geral, os valores de pesticidas p-p'-DDE, PCBs totais e HPAs se correlacionam negativamente às tecamebas, excetuando-se, as correlações entre *A. gibbosa*, *D. oblonga* e *P. coroniformis* HPAs totais que são positivas (Tabela 38).

Tabela 38 - Matriz de correlação de Pearson entre espécies de tecamebas e pesticidas, PCBs e HPAs. Em vermelho - correlações estatisticamente significativas

Correl. Pearson	p,p'-DDE	HPAs totais	PCBs_totais	<i>A. megastoma</i>	<i>A. gibbosa</i>	<i>C. aculeata discoides</i>	<i>C. ecomis</i>	<i>D. corona</i>	<i>D. oblonga</i>	<i>D. elegans</i>	<i>D. gramen</i>	<i>L. globulosa</i>	<i>N. tuberculata</i>	<i>N. oviformis</i>	<i>N. wailesi</i>	<i>P. coroniformis</i>
p,p'-DDE		0,787	0,000	0,234	0,695	0,142	0,579	0,323	0,949	0,742	0,680	0,426	0,210	0,217	0,354	0,512
HPAs totais	0,068		0,666	0,793	0,053	0,200	0,242	0,269	0,005	0,939	0,765	0,917	0,812	0,860	0,900	0,010
PCBs_totais	0,816	-0,109		0,603	0,828	0,472	0,565	0,357	0,627	0,802	0,716	0,609	0,538	0,420	0,699	0,502
<i>A. megastoma</i>	-0,296	-0,067	-0,131		0,624	0,008	0,932	0,163	0,709	0,809	0,997	0,700	0,011	0,131	0,042	0,849
<i>A. gibbosa</i>	0,099	0,462	-0,055	0,124		0,185	0,681	0,822	0,120	0,782	0,859	0,794	0,218	0,798	0,286	0,173
<i>C. aculeata discoides</i>	-0,360	0,317	-0,181	0,607	0,328		0,488	0,062	0,980	0,465	0,429	0,048	0,199	0,012	0,334	0,010
<i>C. ecomis</i>	-0,140	-0,290	-0,145	-0,022	-0,104	-0,175		0,676	0,477	0,565	0,444	0,621	0,694	0,123	0,398	0,907
<i>D. corona</i>	-0,247	0,275	-0,231	0,343	0,057	0,448	0,106		0,361	0,005	0,001	0,000	0,923	0,039	0,922	0,283
<i>D. oblonga</i>	-0,016	0,633	-0,123	-0,095	0,379	-0,006	-0,179	0,229		0,775	0,689	0,623	0,981	0,760	0,677	0,032
<i>D. elegans</i>	-0,084	-0,020	-0,064	-0,061	-0,070	0,184	-0,146	0,632	-0,072		0,000	0,000	0,633	0,830	0,735	0,668
<i>D. gramen</i>	-0,104	0,076	-0,092	0,001	-0,045	0,199	-0,193	0,699	0,101	0,973		0,000	0,582	0,934	0,654	0,840
<i>L. globulosa</i>	-0,200	0,027	-0,129	0,098	-0,066	0,472	0,125	0,790	-0,124	0,809	0,770		0,565	0,009	0,559	0,261
<i>N. tuberculata</i>	-0,310	-0,060	-0,155	0,585	0,305	0,317	0,100	0,025	-0,006	-0,121	-0,139	-0,145		0,548	0,056	0,953
<i>N. oviformis</i>	-0,306	0,045	-0,203	0,369	0,065	0,580	0,377	0,489	-0,078	0,054	0,021	0,599	0,152		0,803	0,008
<i>N. wailesi</i>	0,232	-0,032	0,098	0,484	0,266	0,241	-0,212	0,025	-0,105	-0,086	-0,114	-0,147	0,457	-0,063		0,531
<i>P. coroniformis</i>	-0,165	0,590	-0,169	0,048	0,336	0,592	-0,030	0,268	0,507	-0,108	-0,051	0,280	-0,015	0,602	-0,158	

Particularmente no intervalo 154-94cm (Fácies 3) há um aumento significativo dos teores dos composto organoclorados e HPAs concomitante ao declínio da abundância das tecamebas (Figura 72).

Figura 72 - Concentrações dos HPAs, PCBs e p,p'DDE (µg/kg) e abundância de Tecamebas

Na fácies 3 ocorre o desaparecimento de *P. coroniformis*, *Arcella megastoma*, *N. tuberculata*, *D. gramen*, *D. elegans*, *D. oblonga* e *N. wailensis* (Tabela 37, Figura 73). Na fácies 2 as concentrações de p-p'-DDE diminuem drasticamente e as espécies citadas anteriormente voltam a aparecer (Figura 73). Esse aumento dos pesticidas e diminuição dos índices ecológicos pode ser melhor visualizado na Figura 74.

Figura 73 - Distribuição de taxa de tecamebas por fácies (Log2) e concentrações p,p'-DDE

Figura 74 - Compostos organoclorados (PCBs Totais, p-p'-DDE), HPAs Taxa de Tecamebas, nº Total de indivíduos e Índices de diversidade de Tecamebas por fácies sedimentares

A análise NMDS (Figura 75 e Figura 76) entre *A. megastoma*, *A. gibbosa*, *C. aculeata discoides* e *C. ecornis* e as concentrações de p.p'-DDE obteve valor de estresse de 0,093, indicando que o diagrama de ordenação construído é adequado para interpretação. Tanto os valores de PCBs quanto os de p.p'-DDE estão mais bem representados no eixo 2 (Tabela 39 e Figura 75). A faixa denotada pelas cores vermelha e azul escuro se imbricam e as faixas em azul royal e os pontos em verde estão mais próximas.

Tabela 39 - Distribuição de p.p'-DDE e PCBs Totais nos eixos1 e 2 de NMDS.

NMDS	Eixo1	Eixo2
p, p'-DDE	0.15013	0.35936
PCBs	0.02767	0.10081

Figura 75 – NMDS (Gower) considerando p.p'-DDE e PCBs totais como variáveis ambientais e espécies de Tecamebas como scores

Figura 76 - Curva de Shepard com o respectivo *stress*. *Stress*=0,09247

7 DISCUSSÕES E CONSIDERAÇÕES FINAIS

7.1 DISCUSSÃO FINAL

No presente trabalho analisou-se a composição de tafoespécies de tecamebas e dados granulométricos, magnéticos e geoquímicos coletados em um testemunho sedimentar que cobre o período do início da inundação do Reservatório Salto Grande (RSG), Americana (SP) até o presente, ou seja, aproximadamente 65 anos. A segmentação do testemunho foi feita em intervalo de 2 cm tendo praticamente uma resolução anual, considerando-se uma taxa de sedimentação de próxima 2 cm/ano.

No tocante à classificação das espécies de tecamebas optou-se pela utilização do conceito morfológico de espécies, uma vez que é impossível a obtenção de DNA ou RNA destes indivíduos para a realização de taxonomia molecular. Contudo, ressalta-se que as possíveis variações morfológicas encontradas nas tecamebas do RSG podem ser consideradas mínimas, uma vez que não foram observadas formas de variação contínua entre os exemplares amostrados. Isto facilitou sobremaneira a identificação taxonômica, que, por sua vez, permitiu detectar variações significativas das populações de tecamebas ao longo do testemunho.

A partir dessas variações das populações de tecamebas, aliadas aos resultados dos dados abióticos (teores de nutrientes, elementos traço, compostos organoclorados e hidrocarbonetos aromáticos policíclicos) foi possível identificar fácies sedimentares, representativas de momentos importantes da história ambiental do RSG, conforme será explicado a seguir.

As análises granulométricas apresentadas pelo perfil sedimentar do RSG (Figura 30 e Figura 32) revelam predomínio de sedimentos silte-argilosos, muito embora as frações de argila representem uma porcentagem menor, entre 20 a 30%, com variações de pequena amplitude. A análise estatística indicou que as maiores

correlações dos elementos traço e dos parâmetros magnéticos com a granulometria encontram-se na fração de argila.

As frações granulométricas apresentam pouca variação ao longo do testemunho. No intervalo correspondente a 230-170cm de profundidade as curvas não apresentam oscilação, indicando ambientes mais estáveis do ponto de vista granulométrico. A partir de 170 cm de profundidade em direção ao topo, as curvas passam a apresentar variações de baixa amplitude, indicando provável periodicidade de eventos meteorológicos. Quatro eventos são observados nas curvas granulométricas. O evento mais representativo se encontra no intervalo entre 170 a 160 cm de profundidade, no qual se observa mudança das curvas granulométricas, representadas por uma forte inflexão, onde se infere ser o momento de inundação do reservatório. Os outros três eventos indicam incremento de areia fina e diminuição de silte e argila. Um evento de maior amplitude ainda na fase solo entre (210 a 200 cm de profundidade) e, outros dois de menor amplitude (120 cm e 30 a 20 cm de profundidade), que sugerem maior influxo de material terrígeno, indicativo de provável período de aumento de precipitação (Figura 32). Não foi possível correlacionar esses dois últimos eventos com as variações apresentadas pela composição de riqueza e abundância das populações de tecamebas.

Apesar de ser um pouco temerário inferir o estado trófico de um sistema lacustre somente pelas avaliações de teores de carbono e fósforo contidos nos sedimentos, os resultados obtidos na presente dissertação permitem tecer algumas considerações sobre o aporte de nutrientes no RSG. De modo geral, os traçadores químicos de CT, CI, COT, PO, PI, PT apresentaram concentrações relativamente mais baixas (Tabela 20 e Tabela 21) aos valores obtidos nas represas Billings, Rasgão, Bariri, Barra Bonita, Promissão (cf. SILVEIRO, 2003). Contudo, apesar do RGS não poder ser considerado um ambiente muito eutrofizado, ressalta-se, que ao longo dos seus 65 anos de existência, os valores de carbono e fósforo oscilaram muito (Figura 33 e Figura 34, Tabela 20 e Tabela 21) provavelmente em decorrência de aportes terrígenos, associados a períodos de floração de macrófitas. Segundo MEYER (2001), as macrófitas estão entre os maiores contribuintes de carbono orgânico em sistemas lacustre. É oportuno mencionar que a CPFL (empresa responsável pela criação e manutenção do RGS), com a finalidade de evitar

problemas à manutenção das turbinas hidroelétricas, realizam regularmente retiradas mecânicas das macrófitas (principalmente aguapé), diminuindo o aporte de matéria orgânica autóctone nos sedimentos.

Por meio das avaliações do fósforo, observa-se uma tendência de incremento nas concentrações de PT, a partir das profundidades entre 177 a 160 cm (interseção entre a fase solo e o período de inundação do Reservatório) em direção ao topo, sendo o PI seu maior contribuinte. PO, por sua vez, apresentou concentrações com variações regulares em toda a extensão do testemunho (Figura 34), sugerindo provável influxo contínuo de nutrientes no sistema. Essa interpretação é plausível, visto que sempre houve alguma influência antrópica ao redor do reservatório, seja ela relacionada a atividades agropecuárias (uso de pesticidas organofosfatados e organoclorados) e/ou disposições pontuais de esgotos domésticos e industriais, provenientes das indústrias químicas que foram instaladas a partir da década de 70.

Também se observou uma expressiva correlação na tendência das curvas de crescimento demográfico, precipitação e aporte PI no RSG (Figura 34) de tal forma que a curva de crescimento populacional parece explicar a tendência de aumento contínuo da contribuição de PI nos sedimentos, associado as oscilações de precipitações que contribuíram para o aporte de PI através da lixiviação do solo do entorno.

PI e PO apresentaram discordância significativa com as curvas dos elementos traço, principalmente com o Cu (o metal que apresentou maior índice de contaminação) (Anexo, Tabela VIII). Esse padrão de distribuição discordante entre nutrientes e Cu provavelmente pode estar relacionado ao uso de algicida à base de CuSO_4 , que utiliza-se para controle da floração de cianobactérias e macrófitas (e.g., o aguapé - *Eichhornia crassii*) que ocorrem regularmente nos períodos de estiagem no RSG (ESPINDOLA et al., 2004).

Apesar de terem sido observados incrementos contínuo do aporte de PI e níveis regulares do PO e CO ao longo de todo o testemunho, não foi obtida correlação estatística significativa destes traçadores químicos com as tecamebas em todos os intervalos estudados (Tabela 34 e Figura 69, Figura 70 e Figura 71). Essa fraca correlação estatística permite inferir que, provavelmente, os nutrientes não

foram fatores limitantes na abundância e riqueza das populações de tecamebas na maior parte do tempo da história do RSG.

Contudo, em intervalos específicos foi detectada relação entre os nutrientes e as tecamebas. Por exemplo, nas fácies 3 (154-94cm de profundidade), onde foi observado aumento conspícuo dos valores de CO e elementos traço, ocorre forte declínio da abundância e riqueza das populações de Tecamebas (Figura 69 e Figura 71), sugerindo provável contaminação e deposição de biomassa nos sedimentos. Observa-se também a ascensão da curva de PI e PT no mesmo intervalo, indicando maior imobilização destes na coluna d'água, ocasionando maior deposição nos sedimentos. Ressalta-se que nesta mesma facies os pesticidas apresentaram valores mais elevados, o que poderia ocasionar um efeito sinérgico entre as variáveis amostradas.

No tocante aos elementos traço, o que mais chama atenção nas curvas obtidas é um evento fortemente marcado entre 140 a 90 cm de profundidade (Fácies 3). Neste intervalo, todos os elementos sofrem incremento nas suas concentrações, com exceção do Mn que apresenta teores de concentrações mais baixos. Após este intervalo, em direção ao topo do testemunho, os níveis dos elementos se encontram em concentrações de contaminação moderadas, sugerindo serem os períodos de maior intervenção das políticas públicas e de forte ação social através de grupos ecológicos que atuaram na região nas décadas de 1980 e 1990. Outros dados que corroboram com esta interpretação são os dados do IBGE 2010, que apontam para maiores investimentos em coleta e tratamento dos efluentes domésticos e industriais por parte dos municípios a jusante do rio Atibaia (principal tributário do Reservatório Salto Grande).

Em relação aos índices dos VGQS, TEL e PEL (Tabelas 24 e 25), a fácies mais afetada por contaminação ocorre entre 154 a 104 cm de profundidade (Fácies 3), aonde foram encontradas contaminações regular (As e Ni) e ruim (Cr). As concentrações de Cu apresentam índices de contaminação regular a péssimo ao longo de testemunho, excetuando a porção solo (Fácies 1). Como citado anteriormente, as altas concentrações de Cu presentes nos sedimentos podem estar relacionadas ao uso intensivo de algicida na forma de CuSO_4 para controle da

floração de cianobactéria e macrófitas e na atividade agrícola como pesticida (calda bordalesa) também na forma de CuSO_4 . O testemunho não apresentou contaminação significativa por Zn e Pb segundo os parâmetros TEL e PEL. Para os elementos Fe, Mn e Sc não há referências nos critérios TEL e PEL por serem considerados abundantes naturalmente, e no caso do Sc, por não ser um elemento utilizado nas atividades antrópicas.

Segundo o fator de contaminação (FC) de FÖRSTNER (1976), o testemunho apresenta-se contaminado em toda sua extensão por Fe, Mn, Zn, e Ni, bem como por Cu, Cr, e Pb, nas profundidades entre 162 a 108 cm (Tabela 23). Segundo o índice de Geoacumulação (I_{GEO}) de MÜLLER (1979), os sedimentos do testemunho encontram-se fortemente poluídos por Mn (Figura 36, Tabela 23), muito poluídos por Cu (no intervalo 150 a 100cm - Fácies 3) e fracamente poluído por As, Cr, Ni, Pb e Zn. A partir de 100 cm de profundidade em direção ao topo do testemunho a avaliação do I_{GEO} , com exceção do Mn é de não poluído para os demais elementos traço.

Com relação aos índices de VGQS (TEL-PEL, FC, I_{GEO}) conclui-se que embora tenham atribuído diferentes valores para as concentrações apresentadas por cada elemento traço, todos eles indicam o mesmo intervalo entre aproximadamente 100-150 cm de profundidade (Fácies 3) como o maior evento de contaminação sofrido pelos sedimentos presentes no testemunho do RSG.

Para avaliar a influência das atividades antrópicas no RSG utilizou-se da série normalizada dos elementos traço que mostra (Figura 41) que o Zn e Mn tiveram uma tendência gradual de incremento das suas concentrações em direção ao topo do testemunho associados a curva de crescimento demográfico e ao aporte de PI, traçador químico indicativo de contribuições provenientes de lixiviação de solo, tanto na área do entorno como na bacia de drenagem como um todo e dos efluentes industriais e domésticos, este último especialmente associado majoritariamente ao uso de detergente. Assim o uso do solo no entorno, crescimento populacional e variação da taxa de precipitação exercem um forte controle do aporte de PI no RSG e o Zn e Mn refletem a contribuição das atividades antrópicas (item 4.3.2, Tabela 10), como demonstra a Figura 43.

Os parâmetros magnéticos têm demonstrado serem bons indicadores da assinatura antrópica no meio ambiente. A correlação dos parâmetros magnéticos SM, MRN, MRI e MRA foi positiva com todos os elementos principalmente com os ferrimagnéticos como Fe, Mn e Ni e também com os diamagnéticos no caso Cu e Pb.

As curvas dos parâmetros magnéticos e dos elementos traço mostraram uma inflexão, tendendo a valores mais elevados, na profundidade aproximada de 160 cm que corresponde ao início da inundação do reservatório (Figura 36 e Figura 54 e Figura 57). Os valores obtidos da SM iniciam com $3,2 \times 10^{-8} \text{ m}^3/\text{kg}$ na porção solo do testemunho e, no início de reservatório, recebe o incremento de uma ordem de grandeza $3,3 \times 10^{-7} \text{ m}^3/\text{kg}$, atingindo a intensidade máxima com $5,7 \times 10^{-7} \text{ m}^3/\text{kg}$ (Figura 54). Embora Fe, Mn e Cu correspondam as maiores correlações de Pearson com a SM, observa-se que as maiores amplitudes atingidas pela curva da SM não correspondem aos maiores teores de concentração dos elementos traço (Figura 54). Neste contexto infere-se que não necessariamente seja apenas a magnitude da concentração do metal que influencia SM, mas também a espécie química em que este se encontra. Logo o incremento obtido pela curva SM após a formação do reservatório demonstra o aporte de material ferrimagnético de baixa coercividade (e.g. magnetitas e greigita) no sistema.

A MRN é o parâmetro magnético que apresentou a maior correlação com os elementos traço. Isso corrobora com os sinais de maior incremento de intensidade de magnetização dentro do mesmo intervalo de profundidade 140-90 cm em que se observam os maiores picos de concentração dos elementos analisados e maior porcentagem de argila, apontando para a ocorrência de um evento bem definido. Logo, pode-se inferir que os metais estariam ligados à fração de argila, mesmo aqueles metais diamagnéticos como Cu e Pb (Figuras 48, 49 e 55).

A MRN contribui como indicador de mudança de composição e deposição, demonstrando uma provável reconstituição sedimentar, ou seja, houve uma mudança das concentrações dos elementos no perfil sedimentar, ocorrendo um incremento da participação de argila no sistema o que atesta uma alta contribuição antrópica (Figura 49). A partir da porção solo do testemunho até o ponto de maior inflexão da curva (~162 cm de profundidade) a MRN sofre incremento de duas

ordens de grandeza sofrendo oscilações até o topo ($4,68 \times 10^{-5} \text{ Am}^2/\text{kg}$ na base para $2,4 \times 10^{-3} \text{ Am}^2/\text{kg}$, (Figura 48)

Os resultados da razão MRI (Razão-S) a partir ~163 cm de profundidade em direção ao topo do testemunho atingem valor mínimo de 0.83 e máximo de 0.96 (Figura 50). A razão-S indica a determinação qualitativa de minerais que compõem os sedimentos, demonstrando predomínio de elementos ferrimagnéticos de baixa coercividade (ferrimagnéticos, e.g., magnetita, greigita), concordante com os resultados da SM.

A MRA, assim como os outros parâmetros magnéticos, sofre um incremento na intensidade da ordem de duas grandezas. Na base do testemunho (porção solo) a amplitude da curva é de $3,2 \times 10^{-4}$ a $5,3 \times 10^{-4} \text{ Am}^2/\text{kg}$. Na interface da porção reservatório inicia-se com $5,6 \times 10^{-3} \text{ Am}^2/\text{kg}$ e atingem $3,9 \times 10^{-2} \text{ Am}^2/\text{kg}$, entre 140 e 116 cm de profundidade (Figura 52). A grandeza do incremento sofrida pela curva da MRA revela o quanto de influxo de material ferrimagnético entrou no sistema, indicando forte ação antrópica e correlacionando-se fortemente com os outros parâmetros magnéticos analisados. As maiores amplitudes localizam-se no mesmo intervalo das maiores concentrações de elementos traço (Figura 57) igualmente como os parâmetros da razão MRI (Razão-S).

Como citado anteriormente, as maiores concentrações dos elementos traço, de compostos organoclorados (PCBs e DDT) e HPAs, bem como o primeiro e maior declínio das populações de tecamebas (destacado em lilás, Tabela 37) ocorrem na porção final da Fácies 2 e toda a Fácies 3 (intervalo compreendido entre 160 e 104cm). De 92 a 44 cm de profundidade os valores de organoclorados, HPAs e elementos traço diminuem e os valores de densidade, riqueza e diversidade (cor verde, Tabela 37 e Figura 72) voltam a aumentar. As interações entre a distribuição das populações e as variantes ambientais dentro de um espaço tempo definidos são demonstrados nas Figura 75 e Figura 76.

Esses resultados, além de apontarem a ocorrência de um evento de contaminação no RGS, reforçam a importância da utilização de tecamebas como bioindicadores da qualidade ambiental de corpos aquosos, coadunando, portanto, com o levantamento bibliográfico apresentado (capítulo 4, item 4.9 na Tabela 14).

Os gêneros predominantes encontrados no RSG são *Centropyxis*, *Diffugia* e *Arcella*, gêneros apontados como oportunistas e tolerantes a ambientes contaminados por diversos autores (PATTERSON & KUMAR 2000; FARROOQUI et al., 2012; QIN et al., 2013).

Dentre estes três gêneros, *Arcella* foi o que mostrou ser o mais tolerante e oportunista, seguido por *Diffugia* no RGS. *Centropyxis aculeata discoide* mostrou ser mais sensível à presença de metais, pois é o taxon que mais apresentou declínio de abundância. Este padrão de distribuição desta espécie foi também encontrado por FARROOQUI et al., (2012). Os outros taxa do RSG foram consideradas espécies raras por estarem representadas por poucos indivíduos.

7.2 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os indicadores químicos analisados de CO, PI e PO mostraram contínuo e crescente influxo no sistema, definindo um ambiente relativamente eutrofizado no qual não indicam ser um fator limitante para as populações de Tecamebas.

Os sedimentos do testemunho do RSG encontraram-se altamente contaminados no intervalo entre 140 a 94 cm de profundidade. Neste intervalo, as populações de Tecamebas sofrem forte declínio de abundância e riqueza. Após este intervalo, em direção ao topo do testemunho, os sedimentos encontram-se moderadamente a pouco poluídos. Nesta fase entre as profundidades de 94 a 40 cm ocorre alto acréscimo da abundância e riqueza de Tecamebas. Posteriormente, em direção ao topo, ocorre um novo declínio da abundância e riqueza de Tecamebas. Isso sugere que os elementos traço têm um fator limitante da abundância e riqueza das Tecamebas.

Os parâmetros magnéticos analisados (SM, MRN, MRA e Razão MRI (Razão-S)) mostraram ser bons indicadores da assinatura antrópica no sistema. Todos os parâmetros apresentaram incrementos de uma a duas ordens de grandezas nas suas intensidades após o período de inundação do reservatório até o presente, exibindo correlação de Pearson positiva com todos os elementos traço.

De mesma forma as matrizes de correlação de Pearson dos parâmetros magnéticos com a riqueza e abundância de tecamebas obteve valores de r bem baixos e negativos, similarmente a correlação entre os elementos traço e abundância de Tecamebas (Tabela 35 e Tabela 36).

Conclui-se que, a assinatura antrópica dos sedimentos no RSG refletiu-se na composição das populações de Tecamebas evidenciados pelos índices de Simpson, Margalef, Warwick e Clarke (Tabela 31).

A pequena quantidade de indivíduos presentes nas amostras e o relativamente elevado número de taxa presentes dificulta a interpretação dos índices de diversidade, contudo é possível observar que nas profundidades marcadas por grande predomínio de uma ou duas espécies (e.g. 66 e 82 cm) há uma queda no índice 1-D, o que é esperado uma vez que ocorre uma grande diminuição da homogeneidade de distribuição de indivíduos entre os taxa (Figura 74).

Os resultados apresentados mostraram que tantos os indicadores ambientais elementos traço quanto os poluentes ligados a pesticidas PCBs, p,p'-DDE e HPAs estão relacionados às mesmas faixas de profundidade dos sedimentos amostrados no testemunho retirado do RSG, e os índices de diversidade de Tecamebas mostraram uma correlação negativa com o aumento das concentrações destas variáveis ambientais. O que também é mostrado pela análise de agrupamento representada na Figura 75 e Figura 76.

Não foi possível explicar a diminuição das populações de comunidades de Tecamebas na porção superior do testemunho de 8 a 40 cm de profundidade pelo fato de que todas as variáveis ambientais amostradas também apresentaram valores semelhantes a faixa de profundidade situada entre 42 a 94 cm de profundidade, onde as populações de Tecamebas estão elevadas.

De acordo com os índices de Margalef e 1-D é possível explicar uma mudança na composição das populações das comunidades de Tecamebas nas faixas de profundidades relacionadas na Tabela 30 e Figura 61 Figura 62 e Figura 63 com exceção da última faixa no topo do testemunho 8-40 cm de profundidade. Houve uma maior riqueza e abundância de espécies nas fácies de menor contaminação e menor riqueza e abundância nas demais.

Estas mudanças na composição das populações das comunidades de Tecamebas podem ser explicadas pela elevação das concentrações tanto de elementos traço quanto de pesticidas presentes nas faixas de menores valores de 1-D, uma vez que este índice reflete a homogeneidade de distribuição de espécies de Tecamebas em relação a riqueza de espécies presentes.

A distinção e diversidade taxonômica das comunidades de espécies de tecamebas nas faixas de profundidades selecionadas refletiram os mesmos padrões observados para os índices de Margalef e 1-D. Este fato mostra que as mudanças na composição de espécies de tecamebas nas diversas profundidades respondem de forma homogênea para os índices de diversidade.

Os padrões das curvas de variação do número de espécimes e de número de taxa mostraram-se muito semelhantes ao que foi também demonstrado nas Figura 62 e Figura 63 onde se observam as curvas de variação dos índices de Margalef e 1-D.

As correlações de Pearson mostraram que as espécies das comunidades de Tecamebas exibiram maiores valores negativos com os elementos traço do que com os pesticidas (Tabela 35) e Tabela 38. Os HPAs mostraram uma correlação ora positiva, ora negativa entre as espécies de Tecamebas sendo de pouca informação para a correlação como reguladores de populações de Tecamebas no presente trabalho.

As seguintes espécies de Tecamebas se mostraram mais sensíveis a presença de metais traço e pesticidas: *D. gramen*, *Centropyxis aculeata discoide* seguida por *N. oviformis*, *A. megastoma*, *D. oblonga*, *N. tuberculata*, e *N. coroniformis*.

Arcella gibbosa, foi a espécie mais marcante por não apresentar alteração significativa na sua abundância entre ao período de alta contaminação e o de contaminação moderada; o que mostrou ser o gênero mais tolerantes seguidas por *D. corona*.

8 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ADL, S. M., SIMPSON, A.G.B., FARMER, M.A., ANDERSEN, et al. 2005. The new higher level classification of eukaryotes with emphasis on the taxonomy of protists. *Eukaryote. Microbial.* 52, 399–451.
- ADL, S. M.; SIMPSON, A.G.B.; LANE, C.E.; LUKES, J. et al. 2012. The Revised Classification of Eukaryotes. *Eukaryote. Microbial.* 59(5), 429–493.
- ALEKPEROV, L.L. & SNEGOVAYA, N. 2000. The fauna of testate amoebae (Rhizopoda, Testacea) in freshwater basins of Apsheron peninsula. *Protistology* 1 (4), 135–147.
- ALVES, G.M.; LANSAC-TÔHA, F.A.; VELHO, L.F.M.; JOKO, C.Y. & COSTA, D.M. 2007. New records of testate lobose amoebae (Protozoa, Arcellinida) for the Upper Paraná River flood plain. *Acta Limnol. Bras.*, 19(2): 175-195.
- ALVES, G.M.; LANSAC-TÔHA, F.A.; TAKAHASHI, E.M. & VELHO, L.F.M. 2008. Fluctuations of testate amoebae populations (Rhizopoda) in plankton different environments on the upper Paraná river floodplain, Brazil. *International Review of Hydrobiology*, 93, (2), 227-242.
- ALVES, G.M.; VELHO, L.F.M.; COSTA, D.M. & LANSAC TÔHA, F.A. 2012. Size structure of testate amoebae (Arcellinida and Euglyphida) in different habitats from a lake in the upper Paraná River floodplain. *European Journal of Protistology*, amoebae in the Curuá-Una Reservoir (State of Pará, Brazil). *Acta* 48
- ANDRADE, R.C.B. & PATCHINEELAM, S.R. 2000. Especiação de Metais Traço em Sedimentos de Florestas de Manguezais com *Avicennia* e *Rhizophora*. *QUÍMICA NOVA*, 23(6); p.733-736.
- ARAÚJO, A.C.; NOGUEIRA, D.P. & AUGUSTO, L.G. 2000. Impactos dos Praguicidas na Saúde: Estudo da Cultura de Tomate. *Revista de Saúde Pública*, São Paulo, v. 34, n.3, p. 309-313.
- ARCIFA, M.S.; NORTHCOTE, T.G. & FROELICH, O. 1986. Fish-zooplankton interactions and their effects on water quality of a tropical Brazilian reservoir. *Hydrobiologia* 139:49-58. Dr. W. Junk Publishers, Dordrecht Printed in the Netherlands.

Referências Bibliográficas

- ASIOLI, A.; MEDIOLI F.& PATTERSON, R.T. 1996. Thecamoebians as a tool for reconstruction of paleoenvironments in some Italian lakes in the foothills of southern Alpes (Orta, Varese, Candia). *J Forum. Res.* 26(3): 248-265.
- ASPILA, K.I.; AGEMIAN, H & CHAU, A.S.Y. 1976. A Semi-automated Method for the Determination of Inorganic, Organic, and Total Phosphate in Sediments. *Analyst.* Vol. 101,187-197.
- BÍCEGO, M.C.; TANIGUCHI, S.; YOGUI, G.T.; MONTONE, R.C.; SILVA, D.A.M.; LOURENÇO, R.A.; MARTINS, C.C.; SASAKI, S.T.; PELLIZARI, V.H. &WEBER, R.R. 2006. Assessment of contamination by polychlorinated biphenyls and aliphatic and aromatic hydrocarbons in sediments of the Santos and São Vicente Estuary System, São Paulo, Brazil. *Marine Pollution Bulletin*, v. 52, n. 12, p 1804-1816.
- BOBROV, A.&MAZEI, Y. 2004. Morphological Variability of Testate Amoebae (Rhizopoda: Testacealobosea, Testacesea) in Natural Populations. Department of Soil Science, Moscoafilow MV Lomonosov State University, Moscow, Russia. *Acta Protozoology.* 43: 133 – 146.
- BOLTOVSKOY, E. & LENA, H. 1966. Contribución al conocimiento de las Tecameba; de Ushuaía, Argentina. *Neotrópica*, 12, (38).
- BOLTOVSKOY, E. & LENA, H. 1971. Tecamebas de Isla de los Estados (Argentina). *Rev. Española de Micropal.*, 3, (2).
- BOLTOVSKOY, E.& LENA, H. 1974. Tecamebas Del Rio De La Plata. Republica Argentina, Servicio de Hidrografia Naval.Talleres Gráficos de SHN. Buenos Aires.
- BONDURANT, D.C.&LIVESEY, R.H. 1973. Reservoirs Sedimentation Studies. In: ACKERMANN, W. C. et al. *Man-Made Lakes: Their Problems and Effects Environmental.* Washington D. C. American Geophysical Union, 364-367.
- BONNET, L. 1974. Thécamoebiens. In "Quelques aspects de la Faune des Mousses": *Annales du Centre Régional de Documentation Pédagogique (C.R.D.P.) de l'Académie de Clermont-Ferrand*, 21-30.
- BOOTH, R.K. 2001. Ecology of Testate Amoebae (Protozoa) in Two Lake Superior Coastal Wetlands: Implications for Paleoecology and Environmental Monitoring. *Wetlands* 21, (4), 564-576.

Referências Bibliográficas

- BOOTH, R.K. 2002. Testate amoebae as Paleoindicators of surface-moisture changes on Michigan Peatlands: modern ecology and hydrological calibration. *Journal of Paleolimnology*, 28, 329–348.
- BOUROTTE, C.; FORTE, M.C.; LUCAS, Y. & MELFI, A. J. 2009. Comparison of Polycyclic Aromatic Hydrocarbons (PHAs) concentrations in urban and natural forest soils in the Atlantic Forest (São Paulo State). *Anais da Academia Brasileira de Ciências*. 81(1): 127-136.
- BOTTA_PASCHOAL, C.M.R.; ROCHA, O. & ESPÍNDOLA, E.L.G. 2004. Avaliação e Identificação da Toxicidade do Sedimento no Reservatório de Salto Grande-SP. Editora Rima. 339-357. Escola de Engenharia de São Carlos-Unesp. São Carlos, SP.
- CARMO, D.F., 2000. Avaliação da presença de clorofenóis no reservatório de Salto Grande, situado na região de Americana, Estado de São Paulo. Dissertação (Mestrado). Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, Brasil, - 156.
- CARVALHO, N.O. 1994. Hidro-sedimentologia prática. Rio de Janeiro: CPRM. -372.
- CAVALIER- SMITH, T. 2002. The Phagotrophic Origin Eukaryotes and Phylogenetic Classification of Protozoa. *Int. J. Syst. Evol. Biol.*, 52, 297-394.
- CETESB - COMPANHIA DE TECNOLOGIA E SANEAMENTO AMBIENTAL. 1996. Relatório de Qualidades das Águas Interiores de São Paulo-1995. Diário Oficial do Estado de São Paulo. (Série Relatórios).
- CETESB - COMPANHIA DE TECNOLOGIA E SANEAMENTO AMBIENTAL. 1997. Estabelecimento de padrões de referência de qualidade e valores de intervenção para solos e águas subterrâneas no Estado de São Paulo. Relatório Parcial. Relatório Técnico. CETESB -110.
- CETESB- COMPANHIA DE TECNOLOGIA E SANEAMENTO AMBIENTAL. 2012. Qualidade das Águas do Estado de São Paulo, 2011. Série Relatórios. 342. <http://www.cetesb.sp.gov.br/agua/aguas-superficiais/35-publicacoes/-relatorios>.
- CCME-Canadian Environmental Quality Guidelines - Summary Tables <http://www.ec.gc.ca/ceqgrcqe/English/ceqg/sediment/default.cfm>

Referências Bibliográficas

- CHAPARRO, M.A.E. 2006. Estudio de Parámetros Magnéticos de Distintos Ambientes Relativamente Contaminados em Argentina y Antártida. Universidad Nacional del Centro de la Provincia de Buenos Aires (UNCPBA). Argentina.
- CHARMAN, D.J. 1999. Testate amoebae and the fossil record: issues in Biodiversity. Blackwell Science Ltd, Journal of Biogeography, 26, 89–96.
- CHARMAN, D.J. 2001. Biostratigraphic and Palaeoenvironmental Applications of Testate Amoebae. Quaternary Science Reviews 20, 1753–1764.
- CHARRET, R. 1963. Exuviation et dékystement chez *Hyalosphenia papilio* (Rhizopode Testacé). Arch. de Zool. Exp. et Gén. 102, 179–180.
- CHARRET, R. 1964. Contribution à l'étude cytologique et biologique de *Hyalosphenia papilio* (Leidy), Rhizopode testacé. Bull. Biolog. Fr. Et Belg. 98, 369–390.
- CHAU, Y.K., & SHIOMI, M.T. 1972. Complexing Properties of Nitrilotriacetic Acid in the Lake Environment. Water Air Soil Poll. v1, 149.
- CIANCIARUSO, M. V.; SIVA, I.A. & BATALHA, M.A. 2009. Diversidades Filogenética e Funcional: Nova Abordagem para a Ecologia de Comunidades. Biota Neotrop. vol. 9. nº 3, 93-103.
- CLARK, R.B. 1992. Marine pollution. Clarendon Press, Oxford, 3rd edition, 172.
- CLARKE, K.R., & WARWICK, R.M., 1998. A taxonomic distinctness index and its statistical properties. J. Appl. Ecol. 35: p.523-531.
- CLOSS, D. 1964. Ecological Distribution of Foraminifera and Thecamoebians in the Patos Lagoon, Southern Brazil. Archivio da Oceanography e Limnologia, 13, 297-302.
- COLEMAN, D.C.; COLE, C.V.; ANDERSON, R.V.; BLAHA, M; CAMPION, M.R; CLARHOLM, M.; ELLIOT, E.T.; HUNT, H.W.; SCAEFER, B. & SINCLAIR, J. 1977. Soil organisms as componente of ecosystems. Ecology Bulletin, 23, 299-309.

Referências Bibliográficas

- CONAMA RESOLUÇÃO N° 20, de 18 de junho de 1986. Publicado no D.O.U. de 30/7/86. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais
- CONAMA, CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE 2005. Resolução 357/2005 17 de março de 2005. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências.
- CONAMA, CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE, 2012. Resolução nº 454, de 1 de novembro de 2012. Estabelece as diretrizes gerais e procedimentos referenciais para o gerenciamento do material a ser dragado em águas sob jurisdição nacional. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/>>.
- CRUZ, C.F. 2004. Foraminíferos e Tecamebas (Arcellans) Recentes na Baía de Iguape e Baixo Curso do Rio Paraguaçu: Ocorrência e Distribuição. Dissertação de Mestrado. Câmara de Ensino de Pesquisa e Pós-Graduação da Universidade Federal da Bahia.
- DACKS, J. & ROGERS, A.J. 1999. The First Sexual Lineage and the Relevance of Facultative Sex. *J. Mol. Evol.*, 48, 779-783.
- DEBERDT, G.L.B. 1997. Produção primária e caracterização da comunidade fitoplanctônica, no Reservatório de Salto Grande (Americana, SP) em duas épocas do ano. Dissertação de Mestrado, Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, - 105.
- DEBERDT, A.J. 1999. Variação nictemeral de variáveis imunológicas no reservatório de Salto Grande (Americana-SP) em duas épocas do ano. Dissertação (Mestrado). Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, Brasil, 96.
- DEBERDT, G.L.B. 2002. Estudo de cianobactérias em reservatório com elevado grau de trofia (Reservatório de Salto Grande-Americana-SP). Diss. Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo.
- DECLOÎTRE, L. 1953. Recherches sur les Rhizopodes Thécamoebiens d'A.O.F. *Mémoires de l'Institut Français d'Afrique Noire*, 31, 1-249.
- DIAS-BRITO, D.; MOURA, J.A. & WÜRDIG, N. 1988. Relationships between Ecological Models Based on Ostracodes and Foraminifers from Sepetiba

Referências Bibliográficas

- Bay (Rio de Janeiro, Brazil). In: T. Hanay; N. Ikeya & K. Ishizaki (eds.) *Evolutionary Biology of Ostracoda*, Elsevier, 467-484.
- DORNFELD, C.B. 2002. Utilização de análises imunológicas, bioensaios de toxicidade macro invertebrados bentônicos para o diagnostico ambiental do reservatório de Salto Grande (Americana, SP.). -197. Dissertação (Mestrado) – Escola Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos.
- DORNFELD, C.B. LEITE, M.A.& SPÍNDOLA, E.L.G. 2004. Caracterização Física e Química do Sedimento do Reservatório de Salto Grande, Americana, SP. Editora Rima -. 91-105. Escola de Engenharia de São Carlos-Unesp. São Carlos, SP.
- DULEBA, W. 1997. Variações nas Associações de Tecamebas, Foraminíferos e Ostracodes Sub-recentes da Região Lagunar de Cananéia-Iguape, SP. Programa de Pós-graduação em Oceanografia Biológica, Universidade de São Paulo, Tese de Doutorado, 224.
- DULEBA, W.; DEBENAY, J.P. & EICHLER, B.B. 1999. Foraminíferos e Tecamebas como bioindicadores da circulação hidrodinâmica do estuário do Rio Verde e do Lago Itacolomi, Estação Ecológica Juréia-Itatins, Brasil. In: OTAVIO A.V. MARQUES & WÂNIA DULEBA. Ribeirão Preto. Holos 68-85.
- DULEBA, W. & DEBENAY J.P. 2003. Hydrodynamic circulation in the estuareis of Estação Ecológica Juréia-Itatins, Brazil, inferred from foraminifera of the tecamoebian, assemblages. *J. Foram. Res.* 33(1): 62-93 183.
- DULEBA, W. & DEBENAY, J.P.& MELO E SOUSA, S.H. 2004. Caracterização Ambiental dos Estuários dos rios Guaraú e Una, a partir de Análises Sedimentológicas e das Associações de Foraminíferos e Tecamebas. In Estação Ecológica Juréia- Itatins. Ambiente Físico, Flora e Fauna/ Ed.Holos.
- DULEBA, W.; COIMBRA, J.C.S.; PETRI, S. & BARBOSA, C.F. 2005. Foraminíferos, Tecamebas e Ostracodes Recentes Utilizados como Bioindicadores em Estudos Ambientais Brasileiros. Editora ABEQUA. Holos, (9), 176-210.
- DUNLOP, D.J. & ÖZDEMİR, Ö. 1997. *Rock Magnetism: Fundamentals and Frontier* Cambridge University press, New York, p.573.

Referências Bibliográficas

- DYMOTT, T.C. 1995. Application of ICP-OES Techniques in Environmental Q C. In: SUBRAMANIAN, G. Quality Assurance in Environmental Monitoring. Federal Republic of Germany: VCH, 95-132.
- EICHLER, B.B. & BONETTI, C. 1995. Distribuição de Foraminíferos e Tecamebas Ocorrentes no Manguezal do rio Baguaçu, Cananéia, São Paulo, Relação com Parâmetros Ambientais, Pesquisas, 22, (1-2), 7-32.
- EICHLER-COELHO, P.B.; DULEBA, W.; EICHLER, B.B. & COELHO-JÚNIOR, C. 1997. Determinação do impacto ecológico do valo grande (Iguape, SP) a partir das associações de Foraminíferos e Tecamebas. Revista Brasil. Biol. 57, (3), 463-477.
- EMBRAPA, 2013. Sistema Brasileiro de Classificação de Solos. 3ª edição Embrapa, Brasília, Distrito Federal. Era: evidence from vase-shaped microfossil in the Chuar Group, Grand Canyon, Paleobiology, 26, 360-385.
- ESCOBAR, J.H.J. & MARTINEZ, J.I. 2002. Las Tecamebas como Indicadores Ambientales y Paleoambientales en Aguas Continentales Tropicales: Estudio Sistemático del Embalse la Fe (Antioquia). VIII Congresso Colombiano de Geologia.
- ESPÍNDOLA, E.L.G.; ZANATA, L.; GRIMBERG, E. M. & RIOS, L. 1998. Distribuição Horizontal de Cladocera em um Reservatório Hipereutrófico (Reservatório Salto Grande São Paulo). In: Seminário Regional de Ecologia, 8. Anais v.3.1149-1157.
- ESPÍNDOLA, E.L.G.; LEITE M. A. & DORNFELD, C.B. 2004. Reservatório de Salto Grande (Americana, SP): Caracterização, Impactos e Propostas de Manejo. Editora RIMA São Carlos, 484.
- ESTEVES, F.A. 2011. Fundamentos da Limnologia. 3º Ed. Editora Interciência, ISBN 978-85-7193-271-5.
- EVANS, M. E. & HELLER, F. 2003. Environmental Magnetism: Principles and Applications of Enviromagnetics, Academic, San Diego, California, 299.
- FALCO, P.B. 2000. Distribuição Espacial e Temporal da Comunidade Fitoplanctônica e das variáveis ecológica no Reservatório Salto Grande (Americana SP) em duas épocas do ano. Dissertação (Mestrado). Escola Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos.

Referências Bibliográficas

- FARIA O.B & ESPÍNDOLA, E.L.G. 2004. Tijolo de Adobe: Uma Contribuição ao Manejo Integrado do Reservatório de Salto Grande por meio da Produção de Material de Construção Ecológico com Macrófitas Aquáticas. Ed. Rima São Carlos SP. Brasil.
- FAROOQUI, A., KUMAR, A. & SWINDLES, G.T. 2012. Thecamoebian communities as proxies of seasonality in Lake Sadatal in the Ganga-Yamuna Plains of North India. *Paleontological Electronica* PE Article Number: 15.1.3A.
- FERREIRA, F.; LEIPNITZ, I.I.; LEÃO, C.J. & HANSEN, M.A.F. 2006. Tecamebas em sedimentos do rio Tramandaí e da lagoa do Passo, planície costeira norte do Estado do Rio Grande do Sul, Brasil. *GEA*. 2(2), 66-74.
- FINLAY, B.J.; CORLISS, J.O.; ESTEBAN, G. & FENCHEL, T. 1996. Biodiversity at the microbial level: the number of free living ciliates in the biosphere. *Quart Rev Bioi* 71, 221-237.
- FINLAY, B.J. 1998. The global diversity of protozoa and other small species. *Intern. J Parasitology* 28, 29-48.
- FOISSNER, W. 1987. Soil protozoa: fundamental problems, ecological significance, adaptations, indicators of environmental quality, guide to the literature. *Progress in Protistology*, 2, 69-212.
- FOLK R.L.; WARD W.C. 1957. Brazos River bar: a study in the significance of grain size parameters. *Journal of Sedimentary Petrology* 27:3–26.
- FONSECA, M.F.; & MATIAS, L.F. 2014. Análises do uso da Terra e do Componente Clinográfico por Meio de Geoprocessamento: O Entorno do Reservatório de Salto Grande-SP. *Bol. Geogr. Maringá*, v.32, n.3, 48-60.
- FONSECA, M.F. 2008. Geotecnologias aplicadas ao diagnóstico do uso da terra no entorno do Reservatório de Salto Grande, município de Americana (SP), como subsídio ao planejamento territorial. *Dissertação (Mestrado)*. Universidade Estadual de Campinas, Instituto de Geociências, Depto. de Geografia. UNICAMP, Campinas. 69.
- FÖRSTNER, U. 1976. Lake sediments as Indicators of Heavy –Metals Pollutions. *Naturwissenschaften* 63, 465-470. By Springer-Verlag, Germany.

Referências Bibliográficas

- FUČÍKOVÁ, K. & LAHR, D.J.G. 2016. Uncovering Cryptic Diversity in Two Amoebozoan Species Using Genome Complete Mitochondrial Genome Sequences. *Journal of Eukaryotic Microbiology*, v. 63, 112-122.
- GALLEGO-NEYRA, E.M.; LUGO-VÁZQUEZ, A., CALDERÓN-VEGA, A. SÁNCHEZ-RODRÍGUEZ, M. DEL R.; & MAYÉN-ESTRADA, R. 2014. Biodiversidad de protistas amébidos de vida libre en México, *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 85, 10-25.
- GIANNINI, P.C.F. & RICCOMINI, C. 2008. Decifrando a Terra 1º ed. Companhia Editora Nacional, 175- 177, São Paulo Brasil.
- GIANNINI, P.C.F. & MELO, M. S. 2009. Decifrando a Terra. 2º Ed. Companhia Editora Nacional, 240-244, São Paulo Brasil.
- GILBERT, D.; AMBLARD, C.; BOUNDIER, G.; FRANCEZ, A.J. & MITCHELL, E.A.D. 2003. Population dynamics and food preferences of the testate amoeba *Nebelatincta major bohémica-collaris* complex (Protozoa) in a Sphagnum peatland. *Acta Protozoologica* 42, (2), 99-104.
- GIMENO-GARCÍA, E; ANDREU, V. & BOLUDA, R. 1996. Incidence of heavy metals in the application of inorganic fertilizers to rice farming soils (Valencia, Spain). *Developments in Plant and Soil Sciences*, Springer. v66. 491-493.
- GLEYZES, C.; TELLIER, S. & ASTRUC, M., 2002 *Fractionation of Trace Elements in Contaminated Soils and Sediments: A Review of Sequential Extraction Procedures* 2002. Edition by Elsevier Science B.V.
- GOMES e SOUZA, M.B. 2008. Guia das Tecamebas, Bacia do Rio Peruaçu- Minas Gerais. Subsídio para conservação e monitoramento da Bacia do Rio São Francisco. Editora UFMG. Belo Horizonte, MG.
- GRACIA, F. 1972. Tecamebas musciolas de la Península Iberica. *Publnes, Inst. Biol. Apl. Barcelona* 53, 5–16.
- GRASSHOFF, K.; EHRHARDT, M. & KREMLING, K. 1983. *Methods of Seawater Analysis*. Verlag Chemie. 419.
- GUILHERME, L.R.G.; MARQUES, J.J.; PIERANGELI, M.A.P.; ZULIANI, M.Q.; CAMPOS M. L. & MARCHI, G. 2005. Elementos Traço em Solos e Sistema Aquáticos. *Tópicos Ci. Solo*, 4:345-390.

Referências Bibliográficas

- HAMMER, O.; D.A.T. HARPER & P.D. RYAN. 2001. PAST: Paleontological Statistic software package for education and data Analysis. *Paleontologia Eletrônica* 4 (1): 1-9.
- HARDOIM, E.L. 1997. Taxonomia e Ecologia de Testacea (Protista, e Rhizopods) do Pantanal do Poconé – rio Bento Gomes e vazante Birici, Mato Grosso, Brasil. Tese (Doutorado), Universidade Federal de São Carlos, São Carlos 343.
- HARDOIM, E.L. & HECKMAN, C.W. 1996. The seasonal succession of biotic communities in wetlands of the tropical wet and dry climatic zone: IV. Free living sarcodines and ciliates of the Pantanal of Mato Grosso, Brazil. *Int. Rev. Ges. Hydrobiol.*, Berlin, 81, (3), 367-384,
- HARTMANN, G.A. et al., 2011. New historical archeointensity data from Brazil: Evidence for a large regional non-dipole field contribution over the past few centuries. *Earth and Planetary Science Letters*, v.306, n.1 p.66-76.
- HEAL, O.W. 1962. The abundance and micro-distribution of testate amoebae (Rhizopoda: Testacea) in Sphagnum. *Oikos Planetary Science Letters* 13, 35-47.
- HEAL, O.W. 1964. Observations on the seasonal and spatial distribution of Testacea (Protozoa: Rhizopoda) in Sphagnum: *Journal of Animal Ecology*, 33, 395-412.
- HEGER, E.A.D.; TODOROV, M.; GOLEMANSKY, V.; LARA, E.; LEANDER, B.S. & PAWLOWSKI, J. 2010. Molecular phylogeny of Euglyphid testate (Cerczoa: terrestrial environments are infrequent. *Molecular Phylogenectics and Evolution*, 55, (1), 113-122.
- HEGNER, R.W. 1919. Heredity, variation, and the appearance of diversities during the vegetative reproduction of *Arcella dentata*. *Genetics*. 4, 95–150.
- HOROWITZ, A.J. 1995. The Use of Suspended Sediment and Associated Trace Elements in Water Quality Studies. ISBN 0-947571-79-5
- HUISMAN, D.J.; VERMEULEN, F.J.H.; BAKER, J.; VELDKAMP, A.; KROONENBERG, S.B. & KLAVER, G.T. 1997. A geological interpretation of heavy metal concentrations in soils and sediments in the southern Netherlands.

- IBGE, Censo Demográfico 2010. Malha Municipal Digital do Brasil. Disponível em <http://www.ibge.com.br/cidades@>. Acesso dezembro 2014.
- IPT, INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS DO ESTADO DE SÃO PAULO. 1981. Mapa geológico do Estado de São Paulo; escala 1:500.000. v1 (texto) e v2 (mapa). Governo do estado de São Paulo. Secretaria da Indústria, Comércio, Ciência e Tecnologia.
- JENNE, E.A. 1968. Trace Inorganic in Water. Adv. Chem Ser. 73, 337-387.
- JESUS, T.A. 2008. Avaliação do Histórico de Impacto Antrópicos na Bacia de Drenagem do Lago das Garças (SP), durante o Século XX com base nos Estoques de Nutrientes Metais Pesados e Compostos Orgânicos em Sedimentos Lacustre. Tese de Doutorado Escola de Engenharia de São Carlos.
- JUDSON, O. P. & NORMARK, B. B. 1996. Ancient asexual scandals. Trends Ecol. Evol. 11, A41–A46. KABATA-PENDIAS, A. 2000. Trace Elements in Soil & Plants. CRC Press, Boca Raton, USA.
- KAUPPILA, T., KIHLMAN, S. & MAKINEN, J. 2006. Distribution of Arcellaceans (testate amoebae) in the Sediments of a Mine Water Impacted Bay of Lake Retunen, Finland. Springer. Water, Air, and Soil Pollution, 172, 337–358.
- KITTEL, C. 2006. Introdução à Física do Estado Sólido. Editora Guanabara dois Rio de Janeiro-RJ.
- LACERDA, L.D. & MARINS, R.V. 2006. Geoquímica de Sedimentos e o Monitoramento de Metais na Plataforma Continental Nordeste Oriental do Brasil. Instituto de Ciências do Mar, Universidade Federal do Ceará Geoquímica Brasiliense, 20(1)123-135.
- LAHR, D.J.G. 2006. Taxonomia dos Arcellenidea Kent, 1880 (Protista: Ramicristates) do Parque Ecológico do Rio Tietê. Dissertação (Mestrado) Instituto de Biociência da Universidade de São Paulo. Departamento de Zoologia. São Paulo, -169.
- LAHR, D.J.G.; PARFREY, L.W.; MITCHELL, E.A.D.; KATZ, L.A., & LARA, E. 2011. The chastity of amoebae: re-evaluating evidence for sex in amoeboid organisms. Proc. R. Soc. B., 278, 2081–2090.

Referências Bibliográficas

- LANSAC-TÔHA, F.A. et al. 2004. Composition, species richness and abundance of the zooplankton community. In: THOMAZ, S.M. et al. (Ed.). The upper Paraná river and its floodplain: physical aspects, ecology and conservation. Leiden: Backhuys Publishers, 145-190.
- LANSAC-TÔHA, F.A.; ZIMMERMANN-CALLEGARI, M.C.; ALVES, G.M.; VELHO, L.F.M. & FULONE, L.J. 2007. Species richness and geographic distribution of testate amoebae (Rhizopoda) in Brazilian freshwater environments. *Acta Sci. Biol. Sci.*, 29, (2), 185-195.
- LANSAC-TÔHA, F.A.; ALVES, G.M.; VELHO, L.F.M.; ROBERTSON, B.A. & JOKOCY. 2008. Composition and occurrence of testate in the Curuá-Una Reservoir (State of Pará, Brazil). *Acta Limnologica Brasiliensia*, v. 20, n. 3, 177-195, 2008.
- LANSAC-TÔHA, F.A.; BONECKER, C.C.; VELHO, L.F.M.; SIMÕES, N.R., DIAS, J.D.; ALVES, G.M. & TAKAHASHI, E.M. 2009. Biodiversity of zooplankton communities in the Upper Paraná River floodplain: interannual variation from long-term studies. *Brazilian Journal of Biology*, 69, 539-549.
- LANSAC-TÔHA, F.A.; VELHO, L.F.M.; COSTA, D.M.; SIMÕES, N.R. & ALVES, G.M. 2014. Structure of the testate amoebae community in different habitats in a Neotropical floodplain. *Braz. J. Biol.*, 74, (1), 181-190.
- LARA, W.H. & BATISTA, G.C. 1992. *Pesticida*. Editora Química Nova 15 (2), pp 161-166.
- LAUT, L.L.M.; FERREIRA, D.E.S.; SANTOS, V.F.; FIGUEIREDO JR., A.G.; SANTOS, V.F. & SILVEIRA, O.F. 2005. Levantamento das Espécies de Foraminíferos e Tecamebas do Estuário do Rio Araguari, Amapá Brasil Departamento de Geologia –Lagemar – UFF Instituto de Pesquisas.
- LEÃO, C.J.; LEIPNITZ, I.I. & FERREIRA, F. 2007. Distribuição de amebas testáceas (Protozoa, Rhizopoda) em sedimentos de um ambiente palustre da região do Capão do Leão, município de Mostardas, Rio Grande do Sul Brasil.
- LEÃO, C.J.; LEIPNITZ, I.I. & FERREIRA, F. 2009. Levantamento da biodiversidade de amebas testáceas em sedimentos de lagoas artificiais de São Leopoldo, Rio Grande do Sul, Brasil. *Bioikos*, 23, 39-49.
- LEGENDRE, P. & LEGENDRE, L. 1998. *Numerical ecology*. 2nd English edition. Elsevier, Amsterdam. HANSEN, M. A. F. 2006. *Amebas Testaceas (Protozoa,*

Referências Bibliográficas

- Rizópode) de ambientes límnicos do Parque Nacional da Lagoa do Peixe, RS, Brasil. *Gaea*, 2, (2), 47-58.
- LEIPNITZ, I.I.; FERREIRA, F.; LEÃO, C.J.; DU CHÂTELET, E.A. & FRONTALINI F. 2014. Foraminiferal and testate amoeba diversity, distribution and ecology in transitional environments of the Tramandaí Basin (Rio Grande do Sul, South Brazil). *Mar Biodiv*, 44, 415–434.
- LEITE, M.A. 1998. Variação Espacial e Temporal da Taxa de Sedimentação no Reservatório de Salto Grande Americana-SP e sua Influência nas Características Limnológicas do Sistema: 170. Dissertação de (Mestrado), Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, S. Carlos.
- LEITE, M.A. 2002. Análise do Aporte da Taxa de Sedimentação e da Concentração de Metais na Água, plâncton e sedimentos do Reservatório de Salto Grande Americana SP. -199. Teses (Doutorado) Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos.
- LEITE, M.A. 2004. Reservatório de Salto Grande Americana SP Caracterização, Impacto e Proposta de Manejo -73 ed. Rima São Carlos SP. Brasil.
- LENA, H. & DE ZAIDENWERG, S.J. 1975. Tecamebas del Delta del Paraná (Argentina). (In Número especial dedicado a la micropaleontologia de América Del Sur: Perconig, E., Bermudez, P.J., Martinez-Diaz, C., Moreno-de-Castro, E.; Granados-Luis, F.(eds.), *Revista Española de Micropaleontologia*, 7: 519-537.
- LIMA, M.C.; GIACOMELLI, M.B.O.; SÜPP, V.; ROBERGE, F.D.&BARRERA, P.B.2001.Especiação de Cobre e Chumbo em Sedimentos do Rio Tubarão SC, pelo método Tessier. *QUIM. Nova*, 24, 734.109. *Limnologia Brasiliensia*, 20, 177-195.
- LIU, Q.; ROBERTS, A.P.; LARRASOÑÁ, J.C.; BANERJEE, S.K.; GUYODO, Y.; TAUXE, L.& OLDFIELD, K. 2012. Environmental Magnetism: Principles and Applications: Reviews of Geophysics, 50, RG.
- LOCKWOOD, R.A.&CHEN, K.Y. 1973. Adsorption of Mercury (II) by Hydrous Manganese Oxides. *Environ. Sci. Technol.* 7 (11), 1028-1034.
- LOPES, A.A. et al. 2004. A Influência do desenvolvimento Econômico na Degradação da Qualidade da água do Reservatório de Salto Grande. Reservatório de Salto Grande, Americana, SP: Caracterização, Impactos e Propostas de Manejo. Editora RIMA, São Carlos, 19-36.

Referências Bibliográficas

- MACHADO, W.; MOSCATELLI, M.; REZENDE, L.G. & LACERDA, L.D. 2002. Mercury, zinc, and copper accumulation in mangrove sediments surrounding a large landfill in southeast Brazil. *Environment Pollutant*. 120, 455.
- MAGURRAN, A.E. 2004. *Measuring Biological Diversity*. Oxford Blackwell Science Ltda: 256.
- MATOS, M.A.C. Resíduos de pesticidas organoclorados e bifenilos policlorados em sedimentos e algas de Santos e Cananéia, SP. Brasil. Tese (Doutorado). Instituto de Química Universidade de São Paulo, p.200, 2002.
- MARENGO, J.A. et al. 2012. Development of regional future climate change scenarios in South America using the Eta CPTEC/HadCM3 climate change projections: climatology and regional analyses for the Amazon, São Francisco and the Paraná River basins. *Climate Dynamics*, 38(9-10), 1829- 1848.
- MARKERT, B.A.; BREURE, A.M. & ZECHMEISTER, H.G. 2003. *Bioindicators and Biomonitoring: Principles, Concepts, and Applications*. Elsevier Amsterdam.
- MATTHEEUSSEN, R.; LEDEGANCK, P.; VINCKE, S.; VAN DE VIJVER, B.; NIJS, I. & BEYENS, L. 2005. Habitat selection of aquatic testate amoebae communities on Qeqertarsuaq (DiskIsland), West Greenland. *Acta Protozoologica*, 44, 253-263.
- MC.CARTHY, F.; COLLINS, E.; MCANDREWS, J.; KERR, H.; SCOTT, D.B. & MEDIOLI, F. 1995. A comparison of postglacial arcellacean ("Thecamoebian") and pollen succession in atlantic Canada, illustrating the potential of arcellaceans for paleoclimatic reconstruction: *Journal of Paleontology*, 69, 980-993.
- MEDIOLI, F. & SCOTT, D. 1983. Holocene Arcellacea (Thecamoebians) from eastern Canada. *Cushman Foundation for Foraminiferal Research* 21: 5-63.
- MEDIOLI, F. & SCOTT, D. 1988. Lacustrine Thecamoebians (Mainly Arcellaceans) as Potential Tools for Palaeolimnological Interpretation. *Paleogeography, Paleoclimatology, Palaeoecology*, 62: 361-386.
- MELO R.F.; BRITO, L.T.L.; GIONGO, V.; ANGELOTTI, F.; MIGUE, A.A. & GIONGO, O.R.F. 2010. Pesticidas e seus Impactos no Ambiente. In: BRITO, L. T. de L.; MELO, R. F. de; GIONGO, V. (Ed.). *Impactos ambientais causados pela agricultura no Semiárido brasileiro*. Petrolina: Embrapa Semiárido, cap. 4., 101-136.

Referências Bibliográficas

- MEYER, C.; GILBERT, D.; GILLET, F.; MOSKURA, M.; FRANCHI, M. & BERNARD, N. 2012. Using "bryophytes and their associated testate amoeba" microsystems as indicators of atmospheric pollution. Ed. Elsevier. *Ecological Indicators* 13, 144–151.
- MIGNOT, J.P. & RAIKOV, I.B. 1992. Evidence for meiosis in the testate amoeba *Arcella* J. *Eukaryot. Microbiol.* 39, 287–289.
- MINOTI, R.T. 1999. Variação Annual da Produção Primária e Estrutural da Comunidade Fitoplantônica no Reservatório Salto Grande (Americana- SP). São Carlos. p. 1458 Dissertação (Mestrado). Escola de Engenharia de São Carlos. Universidade do Estado de São Paulo.
- MORACZEWSKI, J. 1962. Différenciation écologique de La faunedes Testace du littoral peu profonde du lac Mamry: *Polskie Archiwum Hydrobiologii*, 10: p.333-353.
- MORAN, P.A.P. 1953. The statistical analysis of the Canadian lynx cycle. II. Synchronization and meteorology. *Australian Journal of Zoology* 1: 291-298.
- MOZETO, A.A., SILVÉRIO, P.F., DE PAULA, F.C.F., BEVILACQUA, J.E., PATELLA, E. & JARDIM, W.F., 2003. Weakly-bound metals and total nutrient concentrations of bulk sediments from some water reservoirs in São Paulo State, SE Brazil. In: M. MANAWAR, ed. *Sediment quality assessment and management: insight and progress*. New Delhi: Goodwords, pp. 221-239.
- MOZETO, A. A.; UMBUZEIRO, G.A.&JARDIM, W.F. 2006. Métodos de Coleta, Análises Físico-Químicos e Ensaio Biológicos e Ecotoxicológicos de sedimentos de Água Doce. São Carlos: Cubo Multimídia, 224.
- MULLER, H.J. 1964 the relation of recombination to mutational advance. *Mutat. Res. Fundam. Mol. Mech. Mutagen.* 1, 2–9.
- MÜLLER, G. 1979. Schwermetalle in den Sedimenten des Rheins Veriinderungenseit 1971. *Umschau* 79:778-783.
- MURRAY, J.W. 1967. An ecological study of the Thecamoebina of Christchurch Harbour, England: *Journal of Natural History*, 1, 377-387.
- NELSON, D.L.& COX, M.M. 2011. *Princípios de Bioquímica de Lehninger*. Artmed Editora S.A. 5ª ed., Porto Alegre, RS.

Referências Bibliográficas

- NETO, J.M. 2002. Aldrin. In: Fernícola, N. A. G. G. & Oliveira, S. S. (orgs). Poluentes orgânicos persistentes. Cadernos de referência ambiental, vol. 13, 21-53.
- NGUYEN-VIETA, H.; BERNARDA, N.; MITCHELLB, E.A.D.; BADOTA, P.M. & GILBERTA, D. 2008. Effect of lead pollution on testate amoebae communities living in *Sphagnum fallax*: An experimental study. *Ecotoxicology and Environmental Safety* 69, 130–138.
- NRIAGU, J.O. 1979. Global Inventory of Natural and Anthropogenic Emissions of Trace Metals to the Atmosphere. *Nature* 279:409-411.
- OGDEN, C.G., & HEDLEY, R.H. 1980. An atlas of freshwater testate amoeba. British Museum (Natural History) and Oxford University Press (London and Oxford). Plates: 1-222, 95.
- OLIVEIRA COTTA, J.A.; OLIVEIRA REZENDE, M.O.; PIOVANI, M.R. 2005. Avaliação do Teor de Metais em Sedimento do Rio Betari no Parque Estadual Turístico do Alto do Ribeira - Petar, São Paulo, Brasil.
- OLIVEIRA, D. 1999. Análises ambiental dos canais da Bacia Hidrográfica do Rio Itanhaém-SP Brasil, com base em tecamebas e foraminíferos. Rio Claro. Dissertação (Mestrado) Instituto de Geociência e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista.
- OLIVEIRA, R.C.B.& MARINS, R.V. 2011. Dinâmica de Metais-Traço em Solo e Ambiente Sedimentar Estuarino como um Fator Determinante no Aporte desses Contaminantes para o Ambiente Aquático: Revisão Rev. Virtual Quim. 3 (2), 88-102.
- OLIVERIO, A.M.; LAHR, D.J.G.; NGUYEN. T.B. & KATZ, L.A. 2014. Cryptic diversity within morphospecies of testate amoebae (Amoebozoa: Arcellinida) in New England bogs and fens. *Protist*, 165(2):196–207.
- ONIANWA, P.C. 2001. Monitoring atmospheric metal pollution: are views of the use of mosses as indicators. *Environ. Monit. Assess.* 71, 13–50.
- PAMPLIN, P.A.Z. 1999. Avaliação da qualidade ambiental da represa de Americana (SP-BRASIL) com ênfase no estudo da comunidade de macro invertebrados bentônicos e parâmetros ecotoxicológicos. São Carlos. - 88. Dissertação (Mestrado) – Escola de Engenharia de São Carlos – Universidade de São Paulo.

- PATTERSON, D.J. & HEDLEY, S. 1992. Free-living Freshwater Protozoa; a Color Guide. CRC Press, Boca Raton, FL, 223.
- PATTERSON, R. & KUMAR, A. 2000. Assessment of Arcellacea (Thecamoebian) assemblages, species, strains as contaminant indicators in Jaes-Lake, Northeastern Ontario, Canada. J. Foram. Res., 30(4): 310-320.
- PATTERSON, R.T. & KUMAR, A. 2000a. Assessment of Arcellacea (Thecamoebian) assemblages, species, and strains as contaminant indicators in James Lake, Northeastern Ontario, Canada. Journal of Foraminiferal Research, 30(4):310-320.
- PATTERSON, R.T. & KUMAR, A. 2000b. Use of Arcellacea to gauge levels of pollution and remediation of industrially polluted lakes.
- PATTERSON, R.T., & A. 2002. A review current testate rhizopoda (Thecamoebian) research in Canada: Paleogeography, Paleoclimatology, Paleoecology, 180, 225-251.
- PATTERSON, R.T.; BARKER, T. & BURBIDGE, S.M. 1996. Arcellacea (Thecamoebian) as proxies of arsenic and mercury contamination in northeastern Ontario Lakes. Journal of Foraminiferal Research 26, 172–183.
- PCHELIN, I.M. 2010/2011. Testate amoeba *Arcella vulgaris* (Amoebozoa, Arcellidae) is able to survive without the shell and construct a new one. Department of Invertebrate Zoology, Faculty of Biology and Soil Sciences, St. Petersburg State University, Russia. Protistology 6 (4), 251–257.
- PEEL, M.C.; FINLAYSON, B.L. & MCMAHON, T.A. 2007. Updated worldmap of the Köppen-Geiger climate classification. Australia, Hydrology and Earth System Sciences v. 11, 1633–1644. ISSN 1027-5606.
- PEGORARO, J.L. 2003. Avifauna do Reservatório de Salto Grande: Levantamento de Espécies a Partir de Sua Porção Superior, o Mini Pantanal. Ed. Rima, São Carlos SP. Brasil; v. 1, 295-314.
- PÉNARD, E. 1902. Faune rhizopodi que du basin du Léman. Henry Kundig, Genève. 714.

- PORTER, S.M. & KNOLL, A.H. 2000. Testate Amoebae in the Neoproterozoic Era: evidence from vase-shaped microfossils in the Chuar Group, Grand Canyon. *Paleobiology*, 26(3), 360–385.
- PORTER, S.M.; MEISTERFELD, R. & KNOLL, A.H. 2003. Vase-Shaped Microfossil from the Neoproterozoic Chuar Group, Grand Canyon. A classification guided by modern Testate Amoeba. *J. Paleont.*, 77(3), 409-429.
- QIN, Y.; FOURNIER, B.; LARA, E.; GU, Y. et al. 2013. Relationships between testamoeba communities and water quality in Lake Donghu, a large Alkaline lake in Wuhan, China. DOI 10.1007/s11707-013-0352.
- QIN, Y.; BOOTH R. K.; GU, Y.; WANG Y. & XIE, S. 2009. Testate amoebae as indicator of 20th century environmental change in Lake Zhangdu, China. *Fundam Appl Limnol*, 175, (1), 29–38.
- RAIKOV I.B.; KARADZHAN B.P.; KAUR R. & MIGNOT J.P. 1989. Nuclear fine structure at interphase and during encystment in two forms of the testacea *Arcella vulgaris*. *Europ. J. Protistol.* 24, 369–380.
- RAO, M.V.; PALIYATH, G. & ORMROD, D.P. 1996. Ultraviolet-B- and ozone induced biochemical changes in antioxidant enzymes of *Arabidopsis thaliana*. *Plant Physiol* 110: 125-136
- REINHARDT, G.; DALBY, P.; KUMAR, A. & PATTERSON, T. 1998. Arcellaceans as pollution indicators in mine tailing contaminated lakes near Cobalt, Ontario, Canada. *Microp.* 44(2): 131-148.
- RIOS, L. 1999. Distribuição Espaço Temporal e Balanço de Massa de Fósforo na Represa de Salto Grande, Americana SP.- 159. Tese (Doutorado) - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Carlos.
- RODDA, J.C. & UBERTINI, L. 2004. The basis of civilization-water Science? International Association of Hydrological Science. IAHS Publication 286 ISSN:0144-7815.
- SAHUQUILLO, A.; RIGOL, A & RAURET, G. 2003. Overview of the use of Leaching Extraction Tests for Risk assessment of trace metals in contaminated soils and sediments. Edition by Elsevier Science B.V, Barcelona España.

- SALOMONS, W.& FÖRSTNER, V. 1984. Metals in the Hidrocycle. Berlim. Springer-Verlag.
- SCHÖNBORN, W. 1992. Adaptive polymorphism in soil-inhabiting testate amoebas (Rhizopoda) - its importance for delimitation and evolution of asexual species. Arch. Protistenk. 142:139-155.
- SCHRÖDER J; SCOTT D& MEDIOLLI, F. 1987. Can smaller benthic foraminifera be ignored in paleoenvironmental analyses J. Foram. Res. 4:101-110.
- SCHWIND, F. L.T.;DIAS, J. D.; JOKO, C. Y.;BONECKER, C.C. & LANSAC-TÔHA, F.A. 2013. Advances in studies on testate amoebae (Arcellinida and Euglyphida): a scientometric approach. Acta Scientiarum, Acta Scientiarum. Biological Sciences Maringá, 35, (4), 549-555.
- SEMENSATTO JR.; D.J. & DIAS-BRITTO, D. 2004. Análise ambiental de uma área parálisa no delta do Rio São Francisco, Sergipe-Brasil, com base na ecologia de foraminíferos e tecamebas (protista). Revista Brasileira de Paleontologia, 7, (1), 53-66.
- SHIMIZU, G.Y. 1978. Represa de Americana aspectos dos bentos litoral. 148p. Dissertação (Mestrado) – Instituto de Biociências, Universidade de São Paulo, SP.
- SHIMIZU, G.Y. 1981. Represa de Americana: um estudo de distribuição batimétrica da fauna bentônica. São Paulo. 117p. Tese (Doutorado). Instituto de Biociências, Universidade de São Paulo, 1981.
- SILVÉRIO, P.F. 2003. Bases técnico-científicas para a derivação de valores-guias de qualidade de sedimentos para metais: experimento de campo e de laboratório. São Carlos, Tese (Doutorado). Universidade de São Carlos, SP.
- SMITH, S. 2006. Water: the vital resource, 2nd edition, Milton Keynes, The Open University.ISBN-10: 0749269960.
- SOUZA, R.C.R. 2000. Dinâmica Espaço-Temporal da Comunidade Fitoplanctônica de um Reservatório Hipereutrófico: Salto Grande (Americana São Paulo). Tese (Doutorado) - 159. Escola de Engenharia de São Carlo USP São Carlos.

- SPARKS, D.L. 2005. Toxic Metals in the Environment: The Role of Surfaces. Department of Plant and Soil Science. University Delaware Newark USA. Elements vol. 1. 193-197.
- SPEIJER, D.; LUKEŠ, J. & ELIÁŠ, M. 2015. Sex is a ubiquitous, ancient and inherent attribute of eukaryotic life. Proc. Nat. Acad. Sci. U.S.A., 112, (29): 8827-8834.
- STRAŠKRABA, M. & TUNDISI, J. G. 1999. Reservoir water quality management. In: Guidelines of lake management. International Lake Environment Committee, 229.
- STRICKLAND, J.D.H. & PARSON, T.R. 1968. Determination of Dissolved Oxygen in A Practical Handbook of Seawater Analysis Fisheries Research Board of Canada. Bulletin, 167, 71-75.
- SWINDLES, G.T.; AMESBURY, M.J.; TURNER, T.E.; JONATHAN, L.C. et al. 2015. Evaluating The use of testate amoebae for paleohydrological reconstruction in permafrost peat lands. Paleogeography, Paleoclimatology, Paleoecology - 424, 111–122.
- TAUXE, L. 2010. Essentials of Paleomagnetism Berkeley: University of California Press. xvi: 489.
- TAVARES, K.S.; ROCHA, O; ESPÍNDOLA, E.L.G. & DORNFELD, C.B. 2004. Composição Taxonômica da Comunidade de Macrófitas Aquáticas do Reservatório de Salto Grande (Americana SP). Ed Rima, São Carlos SP. Brasil; v. 1, 239-252.
- TEIXEIRA, D. 2000. Avaliação da a Qualidade da Água e Levantamento de Custo de Tratamento de Efluente Visando Recuperação de um Sistema Eutrofizado (Represa Salto Grande Americana-SP). Tese (Doutorado) 186. Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Carlos.
- TEKLE, Y.I.; ANDERSON O. R.; KATZ, L.A.; MAURER-AICALÁ, X.X. et al. 2016. Phylogenomics of 'Discosea': A new molecular phylogenetic perspective on Amoebozoa with flat body forms. Molecular Phylogenetics and Evolution, v. 99. 144–154.
- THOMAS, R. & GAUTHIER-LIÈVRE, L. 1959. Le genre *Lesquereusia* Schlumberger, 1845. Bull. Soc. d'Hist. Nat. de l'Afrique du Nord. 50: 34-83.

Referências Bibliográficas

- THOMAS, R.L. 1987. A Protocol for the selection of process-oriented remedial options to control in situ sediment contaminants. *Hydrobiology*, v. 149 – 247-258.
- TODOROV, M. 2002. Morphology, biometry and ecology of *Nebela bigiggosa* Penard, 1890 (Protozoa: Rhizopoda). *Acta Protozoologica*, 41, (1), 239-244.
- TODOROV, M., Golemansky, V. & Temelkov, B. 2008. Diversity and Biotopic Distribution of Testate Amoebae (Protozoa: Arcellinida and Euglyphida) in the Batak Reservoir (Southern Bulgaria). *Acta zool. bulg.*, 60 (2), 115-124.
- TONISSI, F.B. 1999. Avaliação Ecotoxicológica do Reservatório de Salto Grande, Americana (SP), como Subsídio para Análise da Qualidade Ambiental do Sistema. Dissertação (Mestrado) Escola de Engenharia de São Carlos Universidade de São Carlos.
- TONISSI, F.B. 2004. Estudos Ecotoxicológicos no Reservatório de Salto Grande (Americana SP) Utilizando Organismos Bentônicos, Zooplânctônicos e Peixes. Ed Rima, São Carlos SP. Brasil; v. 1, 315-337.
- TÖRÖK, J.K. 2001. Fine Structure and Biometric Characterization of the Shell in the Rare Testacean Species *Hyalosphenia punctata* Penard (Protozoa: Testacea lobosia). *Acta Protozool.* 40: 291 – 296.
- TORRES, V.S. 1996. Vacúolos de Gás e Flutuação em *Diffugia mitriformis*, Wallich, 1864 (Sarcodina: Testaceolobosea). *Revista brasileira de Zoologia*, 13:67-75.
- TUCCI, A.; DEBERT, G.L.B. & DEBERT, A.J. 2004. Análise da Comunidade de Fitoplâncton do Reservatório de Santo Grande (Americana, SP): Uma Revisão dos Estudos Desenvolvidos em um Sistema Eutrófico. Ed. Rima São Carlos SP. Brasil; v. 1, 107-153.
- TUREKIAN, K.K. & WEDEPOHL, K.H. 1961. Elements in Some Major Units of the Earth's Crust Geological Society of America Bulletin vol. 72, issue 2, p.175, 1961.
- UNEP (United Nations Environment Programme). 1992. Determinations of petroleum hydrocarbons in sediment. Reference methods for marine pollution studies, p.97.

Referências Bibliográficas

- UNGEMACH, H., 1960. Sediment chemismus und seine Beziehung zum Stoffhaushalt in 40 europäischen see Diss. Kiel.
- USEPA (United States Environmental Protection Agency) 1996. Method 3050B. Acid Digestion of Sediments, Sludge and soil. Revision2.
- USEPA (United States Environmental Protection Agency) 2000.Health Assessment Document for Diesel Engine Exhaust; EPA/600/8-9. /057F/; National Center for Environmental Assessment Washington, DC.
- USEPA (United States Environmental Protection Agency) 2007 Method 6010C. Acid Digestion of Sediments, Sludge and soil. Revision3.
- VELHO, L.F.M.; LANSAC-TÔHA, F.A & BINI, L.M. 1999. Spatial and Temporal variation in densities of testate amoebae in the plankton of the upper Paraná River. – *Hydrobiology*411: 103–113.
- VELHO, L.F.M.; LANSAC-TÔHA, F. A. & BINI L.M. 2003. Influence of environmental heterogeneity on the structure of testate amoebae (Protozoa, Rhizopoda) assemblages in the plankton of the Upper Paraná River floodplain, Brazil. *Int. Rev. Hydrobiology*, Stuttgart, 88,154-166.
- VERA, C.; SILVESTRI, G.; LIEBMANN, B. &GONZÁLEZ, P.2006.Geophysical Researcher Letters, vol. 33, L13707.
- VEROSUB, K.L. & ROBERTS A.P. 1995. Environmental magnetism: Past, present and future. *Journal of Geophysical Research*, 100, 2175- 2192.
- WARWICK, R.M.&CLARKE, K.R. 1995. New 'biodiversity' measures reveal a decrease in taxonomic distinctness with increasing stress. *Mar Ecol Prog Ser* 129:301-305.
- WEISEL, C.P. 1981. The Atmospheric Fluxes of Elements from the Ocean (Thesis). Kingston. University of Rhode Island.
- WHITE, W.M. 2013. Geochemistry. Wiley-Blackwell, Imprint of John Wiley & Sons. The Atrium, Southern Gate, Chischester, West Sussex, PO19 85Q, UK.
- WILCKE, W.; AMELUNG, W.; KRAUSS, M.; MARTIUS, C.; BANDEIRA, A.&GARCIA, M. 2003. Polycyclic aromatic hydrocarbons in climatically different ecological zones of Brazil. *Organic Geochemistry* v.34, 1405-1417.

- WILSON, N.& WILSON. 2005. Encyclopedia of Ancient Greece. Rutledge. ISBN 0-415-97334-1, 8.
- XU, M.; CAO, H.; XIE, P.; DENG, D.; FENG, W.; XU, J. 2005. Use of PFU protozoan community structural and functional characteristics in assessment of water quality in a large, highly polluted freshwater lake in China Environ Monit. 7, (7), 670-674
- YANG, Z; WANG, Z & ZHANG. 2011. Biomonitoring of testate amoebae (protozoa) as toxic metals absorbed in aquatic bryophytes from the Hg-Tl mineralized area (China). Environ Monit Assess 176: 321–329.
- YUDINA T.A. & SUKHANOVA K.M. 2000. Cell biology and life cycle of the testate amoeba *Corythion delamarei*. Cytology 42, 613-623.
- ZAGO, M.S.A. 1976. The planktonic Cladocera (Crustacean) and aspects of the eutrophication of Americana Reservoir, Brazil. Bolm. Zool. Univ. S. Paulo 1: 105-145.
- ZANATA, L.H. 2000. Heterogeneidade Ambiental do Reservatório de Salto Grande (Americana-SP) com Ênfase na Distribuição das Populações de Cladocera. Dissertação (Mestrado) 218. Escola de Engenharia de São Carlos Universidade de São Paul, São Carlos.
- ZANATA, L.H. & ESPÍNDOLA, E.L.G. 2002. Longitudinal Processes in Salto Grande Reservoir Americana SP Brazil and its Influence in the Formation of Compartment System. Braz. J. Biol., 62 (2): 347-361.
- ŽEMBERYOVÁ, M.; BARTEKOVÁ, J. & HAGAROVÀ, I. 2006. The Utilization of Modified BCR Three-Step Sequential Extraction Procedure for the Fractionation of Cd, Cr, Cu, Ni, Pb, and Zn in Soil Reference Materials of Different Origins. Edited by Elsevier B.V. Talanta.
- ZHENLI, Z.L.; YANG, X. & STOFFELLA, P.J. 2005. Trace elements in agro ecosystems and impacts on the environment. Journal of Trace Elements in Medicine and Biology 19, 125–140.
- ZITKO, V. & CARSON, W.V. 1972. Release of Heavy Metals from Sediments by nitrilotriacetic acid (NTA). Chemosphere 3: 113-118.

ANEXOS

Tabela I - Matriz de correlação de Pearson das principais porcentagens Granulométricas e os elementos traço.

	Areia	Silte grosso e médio	Argila	As	Cd	Cr	Cu	Ni	Pb	Sc	Zn	Fe	Mn
Areia		0.02	-0.03	0.39	0.33	0.40	0.59	0.53	0.38	0.01	0.20	-0.28	-0.27
Silte grosso e médio	0.02		-0.94	-0.61	-0.67	-0.55	-0.50	-0.49	-0.67	-0.68	-0.16	-0.40	0.44
Argila	-0.03	-0.94		0.67	0.71	0.59	0.55	0.52	0.71	0.69	0.03	0.41	-0.52
As	0.39	-0.61	0.67		0.91	0.95	0.86	0.89	0.96	0.84	0.43	0.41	-0.70
Cd	0.33	-0.67	0.71	0.91		0.93	0.93	0.88	0.98	0.81	0.44	0.40	-0.71
Cr	0.40	-0.55	0.59	0.95	0.93		0.90	0.93	0.97	0.86	0.59	0.40	-0.78
Cu	0.59	-0.50	0.55	0.86	0.93	0.90		0.91	0.92	0.62	0.41	0.24	-0.67
Ni	0.53	-0.49	0.52	0.89	0.88	0.93	0.91		0.94	0.71	0.58	0.37	-0.61
Pb	0.38	-0.67	0.71	0.96	0.98	0.97	0.92	0.94		0.85	0.50	0.45	-0.73
Sc	0.01	-0.68	0.69	0.84	0.81	0.86	0.62	0.71	0.85		0.58	0.55	-0.79
Zn	0.20	-0.16	0.03	0.43	0.44	0.59	0.41	0.58	0.50	0.58		0.41	-0.37
Fe	-0.28	-0.40	0.41	0.41	0.40	0.40	0.24	0.37	0.45	0.55	0.41		-0.19
Mn	-0.27	0.44	-0.52	-0.70	-0.71	-0.78	-0.67	-0.61	-0.73	-0.79	-0.37	-0.19	

Tabela II - Porcentagens das concentrações de Carbono Total (CT), Carbono Inorgânico (CI) e Carbono Orgânico (CO).

Profundidade	CT (%)	CI (%)	CO (%)	Profundidade	CT (%)	CI (%)	CO (%)
8 cm	2,5460	0,0000	2,5460	92 cm	2,3250	0,0058	2,3192
16 cm	2,3870	0,0000	2,3870	94 cm	2,0590	0,0000	2,0590
20 cm	1,7710	0,0000	1,7710	96 cm	1,7050	0,0365	1,6685
24 cm	2,0030	0,0082	1,9950	104 cm	2,5200	0,0000	2,5200
26 cm	2,8450	0,0000	2,8450	108 cm	1,3840	0,2221	1,1619
28 cm	2,8800	0,0000	2,2880	110 cm	1,2150	0,1881	1,0269
32 cm	2,3450	0,0126	2,3413	114 cm	2,0240	0,1669	1,8571
34 cm	1,7620	0,0000	1,7620	120 cm	4,0320	0,0000	4,0320
36 cm	2,2370	0,0000	2,2370	126 cm	1,8590	0,1724	1,6860
38 cm	2,9890	0,0000	2,989	128 cm	2,8060	0,0295	2,7764
44 cm	1,3680	0,0153	1,353	130 cm	2,6060	0,0853	2,5207
46 cm	2,0890	0,0000	2,089	132 cm	2,8430	0,0000	2,8430
48 cm	2,3230	0,0000	2,323	136 cm	1,8080	0,1360	1,6720
54 cm	1,5540	0,0000	1,554	140 cm	2,0780	0,1010	1,9770
58 cm	2,2820	0,0000	2,282	144 cm	2,8790	0,1486	2,7304

64 cm	1,9200	0,0506	1,8694	148 cm	2,0170	0,0439	1,9731
66 cm	1,6450	0,0072	1,6378	154 cm	1,8490	0,2286	1,6204
68 cm	2,3180	0,0111	2,3069	160 cm	2,7950	0,0000	2,7950
72 cm	2,0780	0,0292	2,0488	162 cm	4,3000	0,0000	4,3000
74 cm	2,0390	0,0000	2,0390	167 cm	4,7300	0,0000	4,7300
76 cm	1,9230	0,0624	1,8606	177 cm	2,8170	0,0000	2,8170
80 cm	2,2090	0,0106	2,1984	187 cm	2,7750	0,0000	2,7750
84 cm	3,2300	0,0056	3,2244	207 cm	0,9930	0,0000	0,9930
86 cm	2,1140	0,0000	2,1140	217 cm	0,6960	0,0000	0,6960
90 cm	1,4900	0,0000	1,4900	232 cm	0,7892	0,0000	0,7892

Tabela III- Concentrações HPAs (µg/kg) do testemunho RSG.

Hidrocarbonetos policíclicos aromáticos (HPAs) em sedimento do RSG (µg/kg)																				
Composto	8	16	26	38	44	54	64	76	88	92	104	114	126	136	148	154	160	177	187	207
naftaleno	7,67	60,1	33,3	28,8	30,2	0,4	42,3	27,6	38,8	76,8	62,1	60,8	8,28	30,6	228	17,8	454	12,9	49,7	92
acenaftileno	<3,70	10,1	6,22	<3,70	<3,70	3,71	4,18	<3,70	6,13	12,8	12,9	10,8	3,87	6,95	51,9	<3,70	71,7	<3,70	<3,70	<3,70
acenafteno	<1,30	3,30	3,41	2,05	2,93	10,5	8,58	3,80	3,46	4,36	4,58	2,09	1,36	2,03	5,35	<1,30	7,27	<1,30	<1,30	<1,30
fluoreno	6,61	12,4	16,2	13,3	11,9	31,0	24,5	13,4	11,4	12,4	8,01	6,55	5,94	3,89	9,43	4,42	8,63	3,74	<1,30	1,8
fenantreno	26,6	57,8	56,6	39,5	37,9	83,0	101,1	66,7	51,9	63,8	50,6	41,3	50,5	26,7	73,1	18,4	127,5	13,1	6,5	4,9
antraceno	4,29	8,64	8,51	7,37	5,20	10,9	20,8	10,8	10,7	12,5	7,26	6,00	7,58	5,34	11,2	2,49	12,6	1,19	<1,10	<1,10
fluoranteno	31,5	62,3	48,1	37,4	39,3	47,3	52,7	43,5	44,3	46,1	42,9	42,9	57,2	57,5	82,0	26,0	82,0	17,2	3,0	2,5
pireno	40,0	71,9	62,1	45,0	45,2	80,3	102	71,7	69,4	71,5	59,3	51,6	94,6	66,5	93,5	22,8	89,8	12,7	2,6	3,5
benzo[a]antraceno	14,7	27,8	26,3	15,2	18,6	23,4	39,4	23,7	20,0	13,8	8,8	13,4	13,4	22,3	16,4	5,72	12,1	3,05	<1,20	<1,20
criseno	39,2	59,8	59,1	37,3	38,9	65,5	97,1	75,5	67,8	77,3	44,4	53,7	50,1	34,2	32,6	13,2	19,3	9,04	1,9	<1,20
benzo[b+k]fluoranteno	37,7	66,7	70,2	44,8	49,1	60,3	66,7	62,0	49,8	42,9	41,9	43,7	41,8	61,9	63,6	24,1	28,7	17,0	<1,30	1,6
benzo[a]pireno	11,7	28,3	31,0	15,7	19,2	32,0	33,2	20,4	17,6	11,2	12,8	10,8	13,1	26,9	26,4	8,26	12,0	3,56	<1,30	<1,30
indeno[1,2,3-c,d]pireno	16,5	21,2	26,1	17,2	16,4	18,5	22,6	23,6	22,5	17,9	16,6	13,7	16,8	26,7	28,1	11,7	17,7	7,67	<1,00	<1,00
dibenzo[a,h]antraceno	5,03	6,72	9,67	6,28	3,96	5,71	9,02	8,42	3,85	5,06	6,35	4,01	4,55	4,33	4,24	1,65	1,96	2,13	<1,00	1,20
benzo[g,h,i]perileno	16,1	21,7	30,7	8,45	13,9	30,4	20,0	18,2	14,6	19,4	9,21	10,3	10,6	29,9	33,4	14,8	17,7	9,66	<1,00	<1,00
HPAs totais	258	519	487	318	333	561	644	469	432	488	387	372	380	406	759	171	963	113	63,7	24,8
perileno	439	520	692	900	1007	2586	1763	1211	1446	1250	1056	1252	1920	2786	4745	2535	2051	1920	625	625

Tabela IV- Valores da S-ratio = MRI-300/ MRI900.

Prof. Media (cm)	S-Ration IRM300/IRM900	Prof. Media (cm)	S-Ration IRM300/IRM900	Prof. Média (cm)	S-Ration IRM300/IRM900	Prof. Media (cm)	S-Ration IRM300/IRM900	Prof. Media (cm)	S-Ration IRM300/IRM900
1	0,868538	48,5	0,925287	95,5	0,918129	143	0,928287	190	0,718327
3,5	0,864736	50,5	9,32E-01	98	0,942708	145	0,938095	192,5	0,717368
5,5	0,873239	53	0,924731	100	0,909747	147,5	0,931915	194,5	0,707485
8	0,892683	55	8,96E-01	102,5	0,949495	149,5	0,927007	197	0,719709
10	0,885496	57,5	0,92562	104,5	0,932584	152	0,908163	199	0,703754
12,5	0,891892	59,5	9,06E-01	107	0,930131	154	0,918367	201,5	7,17E-01
14,5	0,881988	62	0,93125	109	0,915556	156,5	0,928058	203,5	7,08E-01
17	0,878836	64	8,79E-01	111,5	0,943978	158,5	0,934383	206	7,21E-01
19	0,871795	66,5	0,921788	113,5	0,957576	161	0,867645	208	6,95E-01
21,5	0,883803	68,5	9,17E-01	116	0,941828	163	0,933121	210,5	7,05E-01
23,5	0,875817	71	0,909091	118	0,934132	165,5	0,754148	212,5	7,06E-01
26	0,877934	73	8,95E-01	120,5	0,955801	167,5	0,700516	215	7,04E-01
28	0,878042	75,5	0,910714	122,5	0,932642	170	0,721085	217	7,01E-01
30,5	0,892683	77,5	9,06E-01	125	0,937198	172	0,693787	219,5	7,20E-01
32,5	0,880342	80	0,915493	127	0,934343	174,5	0,715047	221,5	7,19E-01
35	0,886364	82	9,32E-01	129,5	0,949749	176,5	0,706877	224	7,25E-01
37	0,901435	84,5	0,936937	131,5	0,944649	179	0,714072	226	7,19E-01
39,5	0,894444	86,5	9,15E-01	134	0,931818	181	0,715299	228,5	6,84E-01
41,5	0,876812	89	0,925651	136	0,923977	183,5	0,711527	230,5	7,07E-01
44	0,913793	91	0,918103	138,5	0,941423	185,5	0,717544		
46	9,00E-01	93,5	0,931034	140,5	0,945946	188	0,714129		

Tabela VA e B- Concentrações POCs (µg/kg) do testemunho RSG.

Pesticidas Organoclorados (POCs) (µg/kg) em sedimento do RSG.																				
Composto	8	16	26	38	44	54	64	76	88	92	104	114	126	136	148	154	160	177	187	207
Heptaclor	< 0,33	< 0,33	< 0,33	< 0,33	< 0,33	< 0,33	< 0,33	< 0,33	< 0,33	< 0,33	< 0,33	< 0,33	< 0,33	< 0,33	< 0,33	< 0,33	< 0,33	< 0,33	< 0,33	< 0,33
Heptacloro epóxido A	< 0,99	< 0,99	< 0,99	< 0,99	< 0,99	< 0,99	< 0,99	< 0,99	< 0,99	< 0,99	< 0,99	< 0,99	< 0,99	< 0,99	< 0,99	< 0,99	< 0,99	< 0,99	< 0,99	< 0,99
Heptacloro epóxido B	< 0,11	< 0,11	< 0,11	< 0,11	< 0,11	< 0,11	< 0,11	< 0,11	< 0,11	< 0,11	< 0,11	< 0,11	< 0,11	< 0,11	< 0,11	< 0,11	< 0,11	< 0,11	< 0,11	< 0,11
Oxiclordana	< 0,80	< 0,80	< 0,80	< 0,80	< 0,80	< 0,80	< 0,80	< 0,80	< 0,80	< 0,80	< 0,80	< 0,80	< 0,80	< 0,80	< 0,80	< 0,80	< 0,80	< 0,80	< 0,80	< 0,80
γ-Clordana	< 0,08	< 0,08	< 0,08	< 0,08	< 0,08	< 0,08	< 0,08	< 0,08	< 0,08	< 0,08	< 0,08	< 0,08	< 0,08	< 0,08	< 0,08	< 0,08	< 0,08	< 0,08	< 0,08	< 0,08
α-Clordana	< 0,46	< 0,46	< 0,46	< 0,46	< 0,46	< 0,46	< 0,46	< 0,46	< 0,46	< 0,46	< 0,46	< 0,46	< 0,46	< 0,46	< 0,46	< 0,46	< 0,46	< 0,46	< 0,46	< 0,46
Σ Clordanas	< 0,08	< 0,08	< 0,08	< 0,08	< 0,08	< 0,08	< 0,08	< 0,08	< 0,08	< 0,08	< 0,08	< 0,08	< 0,08	< 0,08	< 0,08	< 0,08	< 0,08	< 0,08	< 0,08	< 0,08

Pesticidas Organoclorados (POCs) (µg/kg) em sedimento do RSC.																				
Composto	8	16	26	38	44	54	64	76	88	92	104	114	126	136	148	154	160	177	187	207
HCB	< 0,46	< 0,46	< 0,46	< 0,46	< 0,46	< 0,46	< 0,46	< 0,46	< 0,46	< 0,46	< 0,46	< 0,46	< 0,46	< 0,46	< 0,46	< 0,46	< 0,46	< 0,46	< 0,46	< 0,46
α-HCH	< 0,24	< 0,24	< 0,24	< 0,24	< 0,24	< 0,24	< 0,24	< 0,24	< 0,24	< 0,24	< 0,24	< 0,24	< 0,24	< 0,24	< 0,24	< 0,24	< 0,24	< 0,24	< 0,24	< 0,24
β-HCH	< 0,37	< 0,37	< 0,37	< 0,37	< 0,37	< 0,37	< 0,37	< 0,37	< 0,37	< 0,37	< 0,37	< 0,37	< 0,37	< 0,37	< 0,37	< 0,37	< 0,37	< 0,37	< 0,37	< 0,37
γ-HCH	< 0,69	< 0,69	< 0,69	< 0,69	< 0,69	< 0,69	< 0,69	< 0,69	< 0,69	< 0,69	< 0,69	< 0,69	< 0,69	< 0,69	< 0,69	< 0,69	< 0,69	< 0,69	< 0,69	< 0,69
δ-HCH	< 0,85	< 0,85	< 0,85	< 0,85	< 0,85	< 0,85	< 0,85	< 0,85	< 0,85	< 0,85	< 0,85	< 0,85	< 0,85	< 0,85	< 0,85	< 0,85	< 0,85	< 0,85	< 0,85	< 0,85
Σ HCH	< 0,24	< 0,24	< 0,24	< 0,24	< 0,24	< 0,24	< 0,24	< 0,24	< 0,24	< 0,24	< 0,24	< 0,24	< 0,24	< 0,24	< 0,24	< 0,24	< 0,24	< 0,24	< 0,24	< 0,24

Tabela V C - Concentrações POCs (µg/kg) do testemunho RSG.

Pesticidas Organoclorados (POCs) (µg/kg) em sedimento do RSG.																				
Composto	8	16	26	38	44	54	64	76	88	92	104	114	126	136	148	154	160	177	187	207
Aldrin	< 0,94	< 0,94	< 0,94	< 0,94	< 0,94	< 0,94	< 0,94	< 0,94	< 0,94	< 0,94	< 0,94	< 0,94	< 0,94	< 0,94	< 0,94	< 0,94	< 0,94	< 0,94	< 0,94	< 0,94
Isodrin	< 0,44	< 0,44	< 0,44	< 0,44	< 0,44	< 0,44	< 0,44	< 0,44	< 0,44	< 0,44	< 0,44	< 0,44	< 0,44	< 0,44	< 0,44	< 0,44	< 0,44	< 0,44	< 0,44	< 0,44
Dieldrin	< 1,56	< 1,56	< 1,56	< 1,56	< 1,56	< 1,56	< 1,56	< 1,56	< 1,56	< 1,56	< 1,56	< 1,56	< 1,56	< 1,56	< 1,56	< 1,56	< 1,56	< 1,56	< 1,56	< 1,56
Endrin	< 0,61	< 0,61	< 0,61	< 0,61	< 0,61	< 0,61	< 0,61	< 0,61	< 0,61	< 0,61	< 0,61	< 0,61	< 0,61	< 0,61	< 0,61	< 0,61	< 0,61	< 0,61	< 0,61	< 0,61
Σ Drins	< 0,94	< 0,94	< 0,94	< 0,94	< 0,94	< 0,94	< 0,94	< 0,94	< 0,94	< 0,94	< 0,94	< 0,94	< 0,94	< 0,94	< 0,94	< 0,94	< 0,94	< 0,94	< 0,94	< 0,94

Tabela VD - Concentrações POCs (µg/kg) do testemunho RSG.

Pesticidas Organoclorados (POCs) (µg/kg) em sedimento do RSG.																				
Composto	8	16	26	38	44	54	64	76	88	92	104	114	126	136	148	154	160	177	187	207
o,p'-DDE	< 0,17	< 0,17	< 0,17	< 0,17	< 0,17	< 0,17	< 0,17	< 0,17	< 0,17	< 0,17	< 0,17	< 0,17	< 0,17	< 0,17	< 0,17	< 0,17	< 0,17	< 0,17	< 0,17	< 0,17
p,p'-DDE	< 0,17	0,56	0,58	< 0,17	0,39	0,92	1,00	1,33	2,34	< 0,17	4,28	16,7	21,4	10,1	10,7	4,11	4,80	< 0,17	< 0,17	< 0,17
o,p'-DDD	< 0,28	< 0,28	< 0,28	< 0,28	< 0,28	< 0,28	< 0,28	< 0,28	< 0,28	< 0,28	< 0,28	< 0,28	< 0,28	< 0,28	< 0,28	< 0,28	< 0,28	< 0,28	< 0,28	< 0,28
p,p'-DDD	< 0,15	< 0,15	< 0,15	< 0,15	< 0,15	< 0,15	< 0,15	< 0,15	< 0,15	< 0,15	< 0,15	< 0,15	< 0,15	< 0,15	< 0,15	< 0,15	< 0,15	< 0,15	< 0,15	< 0,15
o,p'-DDT	< 1,21	< 1,21	< 1,21	< 1,21	< 1,21	< 1,21	< 1,21	< 1,21	< 1,21	< 1,21	< 1,21	< 1,21	< 1,21	< 1,21	< 1,21	< 1,21	< 1,21	< 1,21	< 1,21	< 1,21
p,p'-DDT	< 0,37	< 0,37	< 0,37	< 0,37	< 0,37	< 0,37	< 0,37	< 0,37	< 0,37	< 0,37	< 0,37	< 0,37	< 0,37	< 0,37	< 0,37	< 0,37	< 0,37	< 0,37	< 0,37	< 0,37
Σ DDT	< 0,15	0,56	0,58	< 0,17	0,39	0,92	1,00	1,33	2,34	< 0,15	4,28	16,7	21,4	10,1	10,7	4,11	4,80	< 0,15	< 0,15	< 0,15

Tabela VE- Concentrações POCs (µg/kg) do testemunho RSG

Pesticidas Organoclorados (POCs) (µg/kg) em sedimento do RSG.																				
Composto	8	16	26	38	44	54	64	76	88	92	104	114	126	136	148	154	160	177	187	207
Endossulfan 1	< 1,12	< 1,12	< 1,12	< 1,12	< 1,12	< 1,12	< 1,12	< 1,12	< 1,12	< 1,12	< 1,12	< 1,12	< 1,12	< 1,12	< 1,12	< 1,12	< 1,12	< 1,12	< 1,12	< 1,12
Endossulfan 2	< 1,12	< 1,12	< 1,12	< 1,12	< 1,12	< 1,12	< 1,12	< 1,12	< 1,12	< 1,12	< 1,12	< 1,12	< 1,12	< 1,12	< 1,12	< 1,12	< 1,12	< 1,12	< 1,12	< 1,12
Σ Endossulfan	< 1,12	< 1,12	< 1,12	< 1,12	< 1,12	< 1,12	< 1,12	< 1,12	< 1,12	< 1,12	< 1,12	< 1,12	< 1,12	< 1,12	< 1,12	< 1,12	< 1,12	< 1,12	< 1,12	< 1,12
Metoxicloro	< 0,79	< 0,79	< 0,79	< 0,79	< 0,79	< 0,79	< 0,79	< 0,79	< 0,79	< 0,79	< 0,79	< 0,79	< 0,79	< 0,79	< 0,79	< 0,79	< 0,79	< 0,79	< 0,79	< 0,79
Mirex	< 0,53	< 0,53	< 0,53	< 0,53	< 0,53	< 0,53	< 0,53	< 0,53	< 0,53	< 0,53	< 0,53	< 0,53	< 0,53	< 0,53	< 0,53	< 0,53	< 0,53	< 0,53	< 0,53	< 0,53

Tabela VI A- Concentrações PCBs (µg/kg) do testemunho RSG

Congêneres	8 cm	16 cm	26 cm	38 cm	44 cm	54cm	64 cm	76cm	88cm	92 cm	104 cm	114 cm	126 cm	136 cm	148 cm
PCB 8	< 0,48	< 0,48	< 0,48	< 0,48	< 0,48	< 0,48	< 0,48	< 0,48	< 0,48	< 0,48	2,34	9,06	15,1	0,84	0,61
PCB18	< 0,35	< 0,35	< 0,40	< 0,35	< 0,35	0,69	0,72	0,49	1,15	< 0,35	4,02	15,8	41,2	1,27	0,42
PCB31	< 0,49	< 1,13	< 0,49	< 0,49	1,18	2,06	< 0,49	0,77	1,34	< 0,49	4,65	10,1	44,7	2,00	0,57
PCB28	< 0,49	< 0,93	< 0,74	< 0,49	0,79	1,21	1,04	1,26	1,60	< 0,49	4,80	22,0	64,3	1,56	0,65
PCB33	< 0,43	< 0,43	< 0,43	< 0,43	< 0,43	0,88	0,64	0,73	0,87	< 0,43	1,91	11,7	30,7	2,35	0,56
PCB52	0,85	1,32	1,24	1,48	0,91	1,35	1,22	1,52	2,11	3,98	5,56	19,5	89,2	10,07	1,47
PCB49	0,74	1,10	1,02	1,23	0,84	1,74	1,55	2,22	2,92	4,05	4,61	20,1	55,1	6,77	1,46
PCB44	0,30	0,63	0,48	0,53	0,37	0,71	0,52	0,98	1,23	2,07	4,16	15,2	58,0	5,02	0,73
PCB74	0,52	0,67	0,85	0,91	0,48	1,12	0,96	0,90	0,95	1,99	2,25	5,75	23,1	2,41	< 0,45
PCB70	0,56	1,02	0,73	0,94	0,65	0,95	0,75	1,02	1,32	2,51	3,86	16,9	72,3	5,83	0,50
PCB66	0,82	1,28	1,03	1,59	1,19	1,35	1,34	1,96	2,66	4,31	5,19	28,1	70,7	9,42	1,04
PCB95	1,00	1,58	1,20	1,50	1,16	1,39	1,63	2,33	3,28	5,34	6,69	22,9	106	16,7	2,44

Tabela VIB- Concentrações PCBs (µg/kg) do testemunho RSG.

Congêneres	8 cm	16 cm	26 cm	38 cm	44 cm	54cm	64 cm	76cm	88cm	92 cm	104 cm	114 cm	126 cm	136 cm	148 cm	154 cm	160 cm	177 cm
PCB56/60	0,28	0,46	0,51	0,45	0,35	0,58	0,54	0,83	0,76	1,40	2,19	6,22	20,1	2,02	0,35	< 0,17	< 0,17	< 0,17
PCB101	1,41	2,17	1,65	2,29	1,66	2,04	2,29	3,16	4,30	6,92	9,09	29,3	122	20,3	2,79	0,93	< 0,47	< 0,47
PCB99	1,19	1,77	1,38	2,14	1,64	1,62	1,89	2,63	3,65	4,80	6,23	22,1	68,7	14,71	1,73	0,75	< 0,36	< 0,36
PCB97	0,47	0,88	0,66	0,86	0,47	0,79	0,78	1,18	1,72	2,56	3,33	11,0	45,8	8,51	0,96	0,24	< 0,21	< 0,21
PCB81	< 0,24	< 0,24	< 0,24	< 0,24	< 0,24	< 0,24	< 0,24	< 0,24	< 0,24	< 0,24	< 0,24	< 0,24	1,52	< 0,24	< 0,24	< 0,24	< 0,24	< 0,24
PCB87	0,55	0,80	0,72	0,66	0,52	0,80	0,84	1,11	1,20	2,42	2,88	6,03	54,8	8,40	1,14	0,28	< 0,24	< 0,24
PCB77	< 0,25	< 0,25	< 0,25	< 0,25	< 0,25	< 0,25	< 0,25	< 0,25	< 0,25	< 0,25	< 0,25	< 0,25	< 0,25	< 0,25	< 0,25	< 0,25	< 0,25	< 0,25
PCB110	2,06	3,19	2,31	3,11	2,21	2,94	2,97	4,72	6,01	9,82	12,3	41,7	169	31,4	4,23	1,21	0,65	0,30
PCB151	0,32	0,50	0,43	0,56	0,42	0,65	0,71	0,96	1,19	1,75	1,92	4,27	15,4	3,31	1,12	0,36	< 0,14	< 0,14
PCB123	< 0,35	< 0,35	< 0,35	< 0,35	< 0,35	< 0,35	0,40	0,38	0,45	0,71	0,76	0,35	12,8	2,61	< 0,35	< 0,35	< 0,35	< 0,35
PCB149	1,49	2,20	1,71	2,44	1,66	2,22	2,92	3,86	4,68	6,83	8,06	22,5	72,3	14,5	4,23	1,34	0,40	< 0,35
PCB118	1,67	2,67	1,90	2,84	1,90	2,30	2,36	3,14	3,91	5,96	8,56	27,5	115	20,2	1,69	0,66	< 0,50	< 0,50
PCB114	< 0,12	< 0,12	< 0,12	< 0,12	< 0,12	< 0,12	< 0,12	< 0,12	< 0,12	< 0,12	< 0,12	< 0,12	< 0,12	< 0,12	< 0,12	< 0,12	< 0,12	< 0,12
PCB153/132	1,95	3,15	3,17	3,33	2,26	3,38	4,33	5,36	6,64	9,96	11,5	30,2	99,2	21,8	5,14	1,78	0,50	< 0,30

Tabela VI C- Concentrações PCBs (µg/kg) do testemunho RSG

Congêneres	8 cm	16 cm	26 cm	38 cm	44 cm	54 cm	64 cm	76 cm	88 cm	92 cm	104 cm	114 cm	126 cm	136 cm	148 cm	154 cm	160 cm	177 cm
PCB169	< 0,13	< 0,13	< 0,13	< 0,13	< 0,13	< 0,13	< 0,13	< 0,13	< 0,13	< 0,13	< 0,13	< 0,13	< 0,13	< 0,13	< 0,13	< 0,13	< 0,13	< 0,13
PCB170	0,53	0,61	0,61	0,78	0,69	0,62	0,78	1,28	1,65	2,68	3,30	5,06	15,64	3,94	1,63	0,31	< 0,15	< 0,15
PCB201	< 0,13	< 0,13	< 0,13	< 0,13	< 0,13	< 0,13	< 0,13	< 0,13	< 0,13	0,62	0,47	0,69	1,91	0,74	0,28	0,22	< 0,13	< 0,13
PCB203	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	0,41	0,02	0,67	2,02	0,02	0,07	0,02	< 0,02	< 0,02
PCB189	< 0,04	< 0,04	< 0,04	< 0,04	< 0,04	< 0,04	< 0,04	< 0,04	< 0,04	< 0,04	< 0,04	0,18	0,45	0,04	< 0,04	< 0,04	< 0,04	< 0,04
PCB195	< 0,07	< 0,07	< 0,07	< 0,07	< 0,07	< 0,07	< 0,07	< 0,07	< 0,07	< 0,07	< 0,07	0,50	1,17	0,18	0,18	< 0,07	< 0,07	< 0,07
PCB194	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	0,93	2,71	0,64	0,38	< 0,05	< 0,05	< 0,05
PCB206	< 0,75	< 0,75	< 0,75	< 0,75	< 0,75	< 0,75	< 0,75	< 0,75	< 0,75	< 0,75	< 0,75	0,75	< 0,75	0,75	< 0,75	< 0,75	< 0,75	< 0,75
PCB209	< 0,06	< 0,06	< 0,06	< 0,06	< 0,06	< 0,06	< 0,06	< 0,06	< 0,06	< 0,06	< 0,06	0,06	< 0,06	0,06	< 0,06	< 0,06	< 0,06	< 0,06
PCBs totais	24,4	37,9	30,9	36,9	28,5	40,1	41,7	57,5	73,5	108	152	472	1766	277	52,0	14,7	2,48	0,54

Tabela VII-A. Valores Guia de qualidade dos sedimentos para HPAs Resolução CONAMA 454/2012

VALORES-GUIAS DE QUALIDADE DOS SEDIMENTOS (VGQS)				
HPAs	Valor mínimo	Valor Máximo	NÍVEL 1	NÍVEL 2
Benzo (a) antraceno	<1,2	39,4	31,7	385
Benzo (a) pireno	<1,30	33,2	31,9	782
Criseno	1,2	97,1	57,1	862
Dibenzo(ah)antraceno	<1,00	9,67	6,22	135
Acenafteno	<1,3	10,5	6,71	88,9
Acenaftileno	<3,70	71,7	5,87	128
Antraceno	<1,10	20,8	46,9	245
Fenantreno	4,9	127,5	41,9	515
Fluoranteno	2,5	82	111	2,355
Fluoreno	<1,3	31	21,2	144
Naftaleno	7,67	454	34,6	391
Pireno	2,6	102	53	875

Tabela VII -B Valores Guias de qualidade dos sedimentos para POCs Resolução CONAMA 54/2012

VALORES GUIAS DE QUALIDADE DOS SEDIMENTOS (VGQS)				
ΣPOCs	Valor mínimo	Valor Máximo	NÍVEL 1	NÍVEL 2
αHCH	< 0,24	/	/	/
βHCH	< 0,37	/	/	/
γHCH	< 0,69	/	/	/
Heptacloro	< 0,33	/	5,15	10
Heptacloro epóxido	< 0,99	/	1,67	2,74
δHCH/Lindano	< 0,46	/	0,94	1,38
αClordano	< 0,46	/	6,69	8,87
DDD	< 0,28	/	3,54	8,51
DDE	< 0,17	21,4	1,42	6,75
DDT	< 0,37	/	1,19	4,77
Aldrin	< 0,94	< 0,94	211	420
Isodrin	< 0,44	< 0,44	/	/
Dieldrin	< 1,56	< 1,56	2,85	6,67
Endrin	< 0,61	< 0,61	2,67	62,4

Tabela VII- C. Valores Guia de qualidade dos sedimentos para Σ PCBs Resolução CONOMA 454/2012

VALORES-GUIAS DE QUALIDADE DOS SEDIMENTOS (VGQS)				
ΣPCBs	Valor mínimo	Valor Máximo	NÍVEL 1	NÍVEL 2
Σ PCBs	0,13	1766	34,1	277

Tabela VIII - Matriz de correlação de Pearson, entre as concentrações apresentadas por: Σ HPAs, perileno, naftaleno, PT, PI, PO, CO, CT e elementos traço.

	Σ HPAs	perileno	naftaleno	Σ PCBs	p,p'-DDE	P_total (μ g/g)	P_I (mg/g)	P_O (mg/g)	C. O %	C Total %	As (mg/kg)	Cd (mg/kg)	Cr (mg/kg)	Cu (mg/kg)	Fe (mg/kg)	Mn (mg/kg)	Ni (mg/kg)	Pb (mg/kg)	Sc (mg/kg)	Zn (mg/kg)
Σ HPAs		0,40452	0,84083	-0,16982	-0,0020875	-0,21035	-0,38469	0,21666	0,1275	0,075466	0,18315	0,030322	0,096567	-0,19807	0,041306	-0,37414	0,025307	0,10533	0,28446	0,07439
perileno	0,40452		0,38852	0,066062	0,40672	-0,67766	-0,60187	-0,39091	-0,46394	-0,42573	0,336	0,50974	0,477	0,0023632	0,42722	-0,14733	0,24771	0,50452	0,63581	0,68887
naftaleno	0,844083	0,38852		-0,19197	0,074498	-0,4864	-0,53157	-0,11089	0,24169	0,23513	0,38077	0,17429	0,29085	-0,12261	0,072379	-0,62352	0,096715	0,30465	0,55049	0,16823
Σ PCBs	-0,16982	0,066062	-0,19197		0,8144	-0,22796	-0,23902	-0,080752	-0,26928	-0,2039	0,63486	0,60238	0,70505	0,68749	-0,22619	-0,31836	0,533	0,60605	0,30839	-0,064184
p,p'-DDE	-0,0020875	0,40672	0,074498	0,8144		-0,58518	-0,59581	-0,2093	-0,34559	-0,25048	0,68219	0,86	0,8911	0,71044	0,030797	-0,46607	0,76379	0,88916	0,64652	0,25718
P_total (μ g/g)	-0,21035	-0,67766	-0,4864	-0,22796	-0,58518		0,88094	0,59137	0,3535	0,25818	-0,5987	-0,71409	-0,78382	-0,26393	-0,4715	0,39427	-0,4673	-0,78444	-0,9389	-0,59872
P_I (mg/g)	-0,38469	-0,60187	-0,53157	-0,23902	-0,59581	0,88094		0,13934	0,1891	0,094906	-0,54734	-0,65228	-0,71208	-0,27326	-0,55749	0,37932	-0,4954	-0,75443	-0,82917	-0,47235
P_O (mg/g)	0,21666	-0,39091	-0,11089	-0,080752	-0,2093	0,59137	0,13934		0,41776	0,37874	-0,32013	-0,3829	-0,42688	-0,087564	-0,036526	0,17809	-0,13379	-0,35596	-0,55151	-0,4468
C. O %	0,1275	-0,46394	0,24169	-0,26928	-0,34559	0,3535	0,1891	0,41776		0,9887	-0,053007	-0,32609	-0,34051	-0,11927	-0,33336	-0,34822	-0,28458	-0,36241	-0,28244	-0,38917
C Total %	0,075466	-0,42573	0,23513	-0,2039	-0,25048	0,25818	0,094906	0,37874	0,9887		0,030733	-0,23836	-0,23671	-0,066195	-0,28343	-0,37593	-0,21367	-0,25849	-0,18597	-0,32115
As (mg/kg)	0,18315	0,336	0,38077	0,63486	0,68219	-0,5987	-0,54734	-0,32013	-0,053007	0,030733		0,59287	0,84178	0,4511	-0,15815	-0,51512	0,59324	0,81334	0,71687	0,26007
Cd (mg/kg)	0,030322	0,50974	0,17429	0,60238	0,86	-0,71409	-0,65228	-0,3829	-0,32609	-0,23836	0,59287		0,78423	0,68149	0,12948	-0,46571	0,56742	0,83613	0,71133	0,20676
Cr (mg/kg)	0,096567	0,477	0,29085	0,70505	0,8911	-0,78382	-0,71208	-0,42688	-0,34051	-0,23671	0,84178	0,78423		0,55077	0,099514	-0,4597	0,77051	0,9439	0,8544	0,46881
Cu (mg/kg)	-0,19807	0,0023632	-0,12261	0,68749	0,71044	-0,26393	-0,27326	-0,087564	-0,11927	-0,066195	0,4511	0,68149	0,55077		-0,067779	-0,4444	0,41896	0,58487	0,20277	-0,13912
Fe (mg/kg)	0,041306	0,42722	0,072379	-0,22619	0,030797	-0,4715	-0,55749	-0,036526	-0,33336	-0,28343	-0,15815	0,12948	0,099514	-0,067779		0,13632	-0,010635	0,1541	0,27353	0,53396
Mn (mg/kg)	-0,37414	-0,14733	-0,62352	-0,31836	-0,46607	0,39427	0,37932	0,17809	-0,34822	-0,37593	-0,51512	-0,46571	-0,4597	-0,4444	0,13632		-0,2483	-0,44282	-0,43157	0,079002
Ni (mg/kg)	0,025307	0,24771	0,096715	0,533	0,76379	-0,4673	-0,4954	-0,13379	-0,28458	-0,21367	0,59324	0,56742	0,77051	0,41896	-0,010635	-0,2483		0,79533	0,60151	0,37534
Pb (mg/kg)	0,10533	0,50452	0,30465	0,60605	0,88916	-0,78444	-0,75443	-0,35596	-0,36241	-0,25849	0,81334	0,83613	0,9439	0,58487	0,1541	-0,44282	0,79533		0,84727	0,42076
Sc (mg/kg)	0,28446	0,63581	0,55049	0,30839	0,64652	-0,9389	-0,82917	-0,55151	-0,28244	-0,18597	0,71667	0,71133	0,8544	0,20277	0,27353	-0,43157	0,60151	0,84727		0,58711
Zn (mg/kg)	0,07439	0,63887	0,16823	-0,064184	0,25718	-0,59872	-0,47235	-0,4468	-0,38917	-0,32115	0,26007	0,20676	0,46881	-0,13912	0,53396	0,079002	0,37534	0,42076	0,58711	

Tabela XI Intensidades da MRA normalizada pela massa (Am^2/kg).

Código	Profundidade media (cm)	Intensidade MRA	massa (kg)	Normalização pela massa
RSGIT001	1	3,1E-05	6,3E-03	4,87E-03
RSGIT002	3,5	8,2E-05	6,2E-03	1,32E-02
RSGIT003	5,5	1,2E-04	6,1E-03	1,99E-02
RSGIT004	8	1,5E-04	8,9E-03	1,69E-02
RSGIT005	10	9,6E-05	7,8E-03	1,23E-02
RSGIT006	12,5	1,3E-04	7,1E-03	1,77E-02
RSGIT007	14,5	9,5E-05	7,9E-03	1,21E-02
RSGIT008	17	4,5E-05	8,2E-03	5,55E-03
RSGIT009	19	7,5E-05	7,6E-03	9,90E-03
RSGIT010	21,5	1,6E-04	9,6E-03	1,62E-02
RSGIT011	23,5	1,7E-04	9,3E-03	1,85E-02
RSGIT012	26	1,5E-04	8,6E-03	1,74E-02
RSGIT013	28	5,3E-05	8,1E-03	6,62E-03
RSGIT014	30,5	1,7E-04	8,5E-03	1,97E-02
RSGIT015	32,5	7,4E-05	7,8E-03	9,45E-03
RSGIT016	35	1,5E-04	9,4E-03	1,64E-02
RSGIT017	37	6,9E-05	7,1E-03	9,63E-03
RSGIT018	39,5	1,2E-04	8,3E-03	1,43E-02
RSGIT019	41,5	1,0E-04	8,1E-03	1,28E-02
RSGIT020	44	1,4E-04	8,6E-03	1,58E-02
RSGIT021	46	1,7E-04	9,0E-03	1,91E-02
RSGIT022	48,5	1,4E-04	8,0E-03	1,73E-02
RSGIT023	50,5	7,5E-05	7,8E-03	9,60E-03
RSGIT024	53	1,6E-04	8,0E-03	2,03E-02
RSGIT025	55	1,7E-04	8,9E-03	1,86E-02
RSGIT026	57,5	6,9E-05	7,7E-03	9,03E-03
RSGIT027	59,5	1,5E-04	8,6E-03	1,74E-02
RSGIT028	62	1,2E-04	8,1E-03	1,42E-02
RSGIT029	64	2,1E-04	9,2E-03	2,33E-02
RSGIT030	66,5	1,5E-04	7,7E-03	1,94E-02
RSGIT031	68,5	2,6E-04	9,0E-03	2,91E-02
RSGIT032	71	1,6E-04	7,7E-03	2,09E-02
RSGIT033	73	1,2E-04	8,7E-03	1,34E-02
RSGIT034	75,5	1,9E-04	8,8E-03	2,16E-02
RSGIT035	77,5	1,8E-04	8,5E-03	2,08E-02
RSGIT036	80	1,2E-04	8,5E-03	1,41E-02
RSGIT037	82	1,2E-04	8,1E-03	1,53E-02
RSGIT038	84,5	2,1E-04	9,0E-03	2,36E-02
RSGIT039	86,5	1,2E-04	8,0E-03	1,45E-02
RSGIT040	89	2,2E-04	9,5E-03	2,33E-02
RSGIT041	91	2,1E-04	9,0E-03	2,36E-02
RSGIT042	93,5	1,7E-04	7,9E-03	2,12E-02
RSGIT043	95,5	1,5E-04	8,6E-03	1,78E-02
RSGIT044	98	1,9E-04	8,8E-03	2,20E-02
RSGIT045	100	2,4E-04	9,3E-03	2,55E-02
RSGIT046	102,5	1,7E-04	9,1E-03	1,83E-02
RSGIT047	104,5	1,8E-04	7,4E-03	2,41E-02
RSGIT048	107	2,0E-04	9,4E-03	2,12E-02
RSGIT049	109	1,7E-04	9,5E-03	1,81E-02
RSGIT050	111,5	3,2E-04	1,0E-02	3,15E-02
RSGIT051	113,5	3,6E-04	9,3E-03	3,87E-02

Tabela XI Intensidades da MRA normalizada pela massa (Am^2/kg).

Código	Profundidade média (cm)	Intensidade MRA	massa (kg)	Normalização pela massa
RSGIT052	116	3,1E-04	1,0E-02	3,15E-02
RSGIT053	118	1,6E-04	7,3E-03	2,23E-02
RSGIT054	120,5	2,0E-04	9,0E-03	2,21E-02
RSGIT055	122,5	1,9E-04	8,8E-03	2,12E-02
RSGIT056	125	2,0E-04	8,2E-03	2,43E-02
RSGIT057	127	2,0E-04	8,0E-03	2,54E-02
RSGIT058	129,5	2,0E-04	7,6E-03	2,68E-02
RSGIT059	131,5	2,7E-04	8,9E-03	3,02E-02
RSGIT060	134	2,1E-04	9,2E-03	2,29E-02
RSGIT061	136	2,7E-04	1,1E-02	2,51E-02
RSGIT062	138,5	2,2E-04	8,1E-03	2,69E-02
RSGIT063	140,5	3,6E-04	9,2E-03	3,96E-02
RSGIT064	143	2,2E-04	9,5E-03	2,26E-02
RSGIT065	145	1,9E-04	7,5E-03	2,51E-02
RSGIT066	147,5	2,1E-04	8,1E-03	2,60E-02
RSGIT067	149,5	2,4E-04	1,0E-02	2,29E-02
RSGIT068	152	1,6E-04	1,0E-02	1,60E-02
RSGIT069	154	1,6E-04	9,9E-03	1,59E-02
RSGIT070	156,5	2,3E-04	1,0E-02	2,26E-02
RSGIT071	158,5	3,3E-04	1,0E-02	3,24E-02
RSGIT072	161	4,9E-05	8,8E-03	5,55E-03
RSGIT073	163	2,7E-04	1,0E-02	2,59E-02
RSGIT074	165,5	1,2E-05	9,8E-03	1,19E-03
RSGIT075	167,5	5,1E-06	9,6E-03	5,30E-04
RSGIT076	170	4,1E-06	9,0E-03	4,59E-04
RSGIT077	172	4,3E-06	1,0E-02	4,28E-04
RSGIT078	174,5	3,8E-06	9,8E-03	3,90E-04
RSGIT079	176,5	3,9E-06	1,0E-02	3,77E-04
RSGIT080	179	4,2E-06	1,1E-02	3,84E-04
RSGIT081	181	4,1E-06	1,1E-02	3,70E-04
RSGIT082	183,5	4,2E-06	1,1E-02	3,84E-04
RSGIT083	185,5	3,8E-06	9,8E-03	3,86E-04
RSGIT084	188	4,0E-06	1,0E-02	3,85E-04
RSGIT085	190	4,1E-06	1,1E-02	3,76E-04
RSGIT086	192,5	4,7E-06	1,3E-02	3,72E-04
RSGIT087	194,5	4,6E-06	1,2E-02	3,81E-04
RSGIT088	197	4,6E-06	1,2E-02	3,73E-04
RSGIT089	199	4,5E-06	1,3E-02	3,52E-04
RSGIT090	201,5	4,3E-06	1,2E-02	3,68E-04
RSGIT091	203,5	4,3E-06	1,2E-02	3,67E-04
RSGIT092	206	4,2E-06	1,2E-02	3,52E-04
RSGIT093	208	4,5E-06	1,3E-02	3,54E-04
RSGIT094	210,5	4,5E-06	1,2E-02	3,63E-04
RSGIT095	212,5	4,4E-06	1,2E-02	3,58E-04
RSGIT096	215	4,4E-06	1,2E-02	3,65E-04
RSGIT097	217	4,2E-06	1,2E-02	3,54E-04
RSGIT098	219,5	4,2E-06	1,2E-02	3,48E-04
RSGIT099	221,5	4,5E-06	1,3E-02	3,37E-04
RSGIT100	224	4,2E-06	1,2E-02	3,39E-04
RSGIT101	226	3,9E-06	1,2E-02	3,22E-04
RSGIT102	228,5	3,9E-06	1,2E-02	3,17E-04
RSGIT103	230,5	3,7E-06	1,1E-02	3,27E-04

Tabela X Intensidade da MRN normalizada pela massa (Am^2/kg).

AMOSTRA	Profundidade cm	INTENSIDADE MNR	Massa Kg	Normalizado pela Massa Kg
RSGIT001	1	1,90E-06	0,006322	3,01E-04
RSGIT002	3,5	4,92E-06	0,006176	7,96E-04
RSGIT003	5,5	4,16E-06	0,006051	6,87E-04
RSGIT004	8	6,58E-06	0,008949	7,36E-04
RSGIT005	10	3,33E-06	0,007839	4,25E-04
RSGIT006	12,5	4,54E-06	0,007123	6,37E-04
RSGIT007	14,5	3,55E-06	0,007864	4,51E-04
RSGIT008	17	1,85E-06	0,00818	2,27E-04
RSGIT009	19	3,33E-06	0,007615	4,37E-04
RSGIT010	21,5	7,88E-06	0,009608	8,20E-04
RSGIT011	23,5	1,08E-05	0,009342	1,16E-03
RSGIT012	26	4,44E-06	0,008577	5,18E-04
RSGIT013	28	1,49E-06	0,008059	1,85E-04
RSGIT014	30,5	6,85E-06	0,008466	8,10E-04
RSGIT015	32,5	2,80E-06	0,007832	3,57E-04
RSGIT016	35	3,89E-06	0,009409	4,13E-04
RSGIT017	37	2,31E-06	0,007135	3,23E-04
RSGIT018	39,5	3,40E-06	0,008344	4,07E-04
RSGIT019	41,5	1,63E-06	0,008056	2,02E-04
RSGIT020	44	1,89E-06	0,008616	2,20E-04
RSGIT021	46	9,03E-07	0,008966	1,01E-04
RSGIT022	48,5	4,09E-06	0,008028	5,10E-04
RSGIT023	50,5	4,93E-06	0,007831	6,29E-04
RSGIT024	53	6,49E-07	0,008038	8,07E-05
RSGIT025	55	6,52E-06	0,008887	7,34E-04
RSGIT026	57,5	3,19E-06	0,007699	4,15E-04
RSGIT027	59,5	6,76E-06	0,008618	7,84E-04
RSGIT028	62	4,72E-06	0,008149	5,79E-04
RSGIT029	64	1,20E-05	0,009179	1,30E-03
RSGIT030	66,5	6,84E-06	0,007709	8,87E-04
RSGIT031	68,5	1,43E-05	0,009027	1,58E-03
RSGIT032	71	8,57E-06	0,007711	1,11E-03
RSGIT033	73	6,52E-06	0,008688	7,51E-04
RSGIT034	75,5	1,29E-05	0,008824	1,47E-03
RSGIT035	77,5	1,03E-05	0,008462	1,22E-03
RSGIT036	80	5,47E-06	0,008511	6,43E-04
RSGIT037	82	5,65E-06	0,00814	6,94E-04
RSGIT038	84,5	1,07E-05	0,009017	1,19E-03
RSGIT039	86,5	6,73E-06	0,007998	8,41E-04
RSGIT040	89	9,25E-06	0,009522	9,71E-04
RSGIT041	91	1,25E-05	0,008977	1,39E-03
RSGIT042	93,5	8,49E-06	0,007925	1,07E-03
RSGIT043	95,5	9,91E-06	0,008629	1,15E-03
RSGIT044	98	6,86E-06	0,008814	7,78E-04
RSGIT045	100	1,46E-05	0,009293	1,57E-03
RSGIT046	102,5	7,96E-06	0,009105	8,74E-04
RSGIT047	104,5	9,85E-06	0,007421	1,33E-03
RSGIT048	107	1,09E-05	0,009408	1,16E-03
RSGIT049	109	1,03E-05	0,009533	1,08E-03
RSGIT050	111,5	2,23E-05	0,010015	2,23E-03
RSGIT051	113,5	2,26E-05	0,009302	2,43E-03

Tabela X Intensidades da MRN normalizado pela massa (Am^2/kg).

AMOSTRA	Profundidade cm	INTENSIDADE MNR	Massa Kg	Normalizado pela Massa Kg
RSGIT052	116	2,26E-05	0,009302	2,43E-03
RSGIT053	118	1,82E-05	0,009989	1,83E-03
RSGIT054	120,5	8,92E-06	0,007281	1,23E-03
RSGIT055	122,5	1,08E-05	0,008961	1,20E-03
RSGIT056	125	9,56E-06	0,008832	1,08E-03
RSGIT057	127	7,23E-06	0,008204	8,81E-04
RSGIT058	129,5	1,06E-05	0,007994	1,32E-03
RSGIT059	131,5	1,41E-05	0,007623	1,85E-03
RSGIT060	134	2,09E-05	0,008874	2,35E-03
RSGIT061	136	1,36E-05	0,009187	1,48E-03
RSGIT062	138,5	2,27E-05	0,010794	2,10E-03
RSGIT063	140,5	1,19E-05	0,008116	1,47E-03
RSGIT064	143	2,05E-05	0,009164	2,23E-03
RSGIT065	145	1,34E-05	0,009508	1,41E-03
RSGIT066	147,5	1,07E-05	0,007477	1,42E-03
RSGIT067	149,5	1,35E-05	0,008136	1,65E-03
RSGIT068	152	2,01E-05	0,010289	1,96E-03
RSGIT069	154	1,02E-05	0,010081	1,01E-03
RSGIT070	156,5	1,12E-05	0,009925	1,13E-03
RSGIT071	158,5	1,18E-05	0,010273	1,15E-03
RSGIT072	161	2,16E-05	0,010184	2,12E-03
RSGIT073	163	3,87E-06	0,008832	4,38E-04
RSGIT074	165,5	1,74E-05	0,010251	1,69E-03
RSGIT075	167,5	2,81E-06	0,009798	2,87E-04
RSGIT076	170	1,06E-06	0,009592	1,10E-04
RSGIT077	172	3,87E-07	0,008961	4,32E-05
RSGIT078	174,5	5,85E-07	0,010014	5,85E-05
RSGIT079	176,5	2,88E-07	0,009763	2,94E-05
RSGIT080	179	4,54E-07	0,010382	4,37E-05
RSGIT081	181	4,17E-07	0,010829	3,85E-05
RSGIT082	183,5	4,73E-07	0,011099	4,26E-05
RSGIT083	185,5	4,47E-07	0,010834	4,12E-05
RSGIT084	188	4,06E-07	0,009777	4,15E-05
RSGIT085	190	4,75E-07	0,010462	4,54E-05
RSGIT086	192,5	5,48E-07	0,011002	4,98E-05
RSGIT087	194,5	7,44E-07	0,012664	5,88E-05
RSGIT088	197	5,47E-07	0,012021	4,55E-05
RSGIT089	199	6,70E-07	0,012401	5,40E-05
RSGIT090	201,5	4,77E-07	0,012671	3,77E-05
RSGIT091	203,5	8,24E-07	0,011668	7,07E-05
RSGIT092	206	3,60E-07	0,011757	3,06E-05
RSGIT093	208	5,80E-07	0,011907	4,87E-05
RSGIT094	210,5	5,10E-07	0,012577	4,06E-05
RSGIT095	212,5	5,87E-07	0,012498	4,69E-05
RSGIT096	215	6,61E-07	0,012394	5,34E-05
RSGIT097	217	7,82E-07	0,012097	6,46E-05
RSGIT098	219,5	5,94E-07	0,011925	4,98E-05
RSGIT099	221,5	5,17E-07	0,011919	4,34E-05
RSGIT100	224	5,54E-07	0,013253	4,18E-05
RSGIT101	226	4,96E-07	0,012499	3,97E-05
RSGIT102	228,5	4,83E-07	0,01203	4,01E-05
RSGIT103	230,5	5,83E-07	0,012454	4,68E-05

Tabela IX Intensidades SM normalizadas pela massa (m³/kg).

Amostra	BSus	Phase	Massa	Média	SM da massa (x)
RSGIT-1	8,3427E-05	5,69	6,322	8,34E-05	1,06E-07
09:57:41	8,3398E-05	5,68			
RSGIT-2	2,0951E-04	5,64	6,176	2,10E-04	2,71E-07
09:59:14	2,0957E-04	5,7			
RSGIT-3	2,9938E-04	5,79	6,051	2,99E-04	3,96E-07
10:01:22	2,9950E-04	5,84			
RSGIT-4	3,6610E-04	5,49	8,949	3,66E-04	3,27E-07
10:03:42	3,6628E-04	5,5			
RSGIT-5	2,4219E-04	5,66	7,839	2,42E-04	2,47E-07
10:05:13	2,4221E-04	5,68			
RSGIT-6	3,0265E-04	5,26	7,123	3,03E-04	3,40E-07
10:06:46	3,0257E-04	5,29			
RSGIT-7	3,0294E-04	5,23	7,864	3,03E-04	3,08E-07
10:08:17	3,0308E-04	5,27			
RSGIT-8	1,6407E-04	5,29	8,18	1,64E-04	1,60E-07
10:09:30	1,6414E-04	5,38			
RSGIT-9	2,2867E-04	5,23	7,615	2,29E-04	2,40E-07
10:11:05	2,2874E-04	5,27			
RSGIT-10	4,2230E-04	4,38	9,608	4,22E-04	3,52E-07
10:12:13	4,2232E-04	4,37			
RSGIT-11	4,6554E-04	4,49	9,342	4,66E-04	3,99E-07
10:13:23	4,6587E-04	4,46			
RSGIT-12	3,7443E-04	5,34	8,577	3,74E-04	3,49E-07
10:14:38	3,7446E-04	5,38			
RSGIT-13	2,0696E-04	5,48	8,059	2,07E-04	2,06E-07
10:16:03	2,0708E-04	5,5			
RSGIT-14	3,8807E-04	5,18	8,466	3,88E-04	3,67E-07
10:17:12	3,8814E-04	5,12			
RSGIT-15	2,2645E-04	5,21	7,832	2,27E-04	2,31E-07
10:18:26	2,2662E-04	5,25			
RSGIT16	3,7924E-04	5,24	9,409	3,78E-04	3,21E-07
10:19:35	3,7678E-04	4,68			
RSGIT-17	1,9285E-04	5,78	7,135	1,93E-04	2,16E-07
10:20:40	1,9290E-04	5,87			
RSGIT-18	3,2752E-04	5,47	8,344	3,28E-04	3,14E-07
10:21:47	3,2770E-04	5,5			
RSGIT-19	3,0347E-04	5,46	8,056	3,03E-04	3,01E-07
10:22:47	3,0346E-04	5,52			
RSGIT-20	3,0568E-04	5,59	8,616	3,06E-04	2,84E-07
10:23:55	3,0576E-04	5,61			
RSGIT-21	4,2602E-04	4,81	8,966	4,26E-04	3,80E-07
10:25:01	4,2609E-04	4,78			
RSGIT-22	3,0127E-04	5,62	8,028	3,01E-04	3,00E-07
10:26:08	3,0140E-04	5,64			
RSGIT-23	2,4839E-04	5,75	7,831	2,48E-04	2,54E-07
10:27:22	2,4844E-04	5,76			
RSGIT-24	3,3785E-04	5,65	8,038	3,38E-04	3,36E-07
10:28:37	3,3800E-04	5,68			
RSGIT-25	3,8033E-04	4,71	8,887	3,80E-04	3,42E-07
10:29:50	3,8051E-04	4,71			

Tabela IX Intensidades SM normalizadas pela massa (m³/kg).

Amostra	BSus	Phase	Massa	Média	SM da massa (x)
RSGIT-26	2,370E-04	5,53	7,699	2,37E-04	2,46E-07
10:32:05	2,371E-04	5,56			
RSGIT-27	3,464E-04	5,56	8,618	3,46E-04	3,22E-07
10:33:14	3,465E-04	5,59			
RSGIT-28	2,562E-04	5,63	8,149	2,56E-04	2,52E-07
10:34:17	2,563E-04	5,64			
RSGIT-29	5,223E-04	4,69	9,179	5,22E-04	4,55E-07
10:35:25	5,225E-04	4,66			
RSGIT-30	3,591E-04	5,68	7,709	3,59E-04	3,73E-07
10:36:39	3,592E-04	5,69			
RSGIT-31	6,167E-04	5,12	9,027	6,17E-04	5,47E-07
10:37:43	6,174E-04	5,1			
RSGIT-32	3,648E-04	5,42	7,711	3,65E-04	3,79E-07
10:38:44	3,649E-04	5,43			
RSGIT-33	3,123E-04	5,24	8,688	3,12E-04	2,88E-07
10:39:47	3,123E-04	5,28			
RSGIT-34	4,344E-04	4,89	8,824	4,35E-04	3,94E-07
10:40:53	4,347E-04	4,85			
RSGIT-35	4,283E-04	4,77	8,462	4,28E-04	4,05E-07
10:41:56	4,287E-04	4,75			
RSGIT-36	3,035E-04	5,46	8,511	3,04E-04	2,85E-07
10:42:56	3,036E-04	5,5			
RSGIT-37	2,721E-04	5,77	8,14	2,72E-04	2,67E-07
10:44:01	2,723E-04	5,82			
RSGIT-38	5,161E-04	5,12	9,017	5,16E-04	4,58E-07
10:45:01	5,162E-04	5,16			
RSGIT-39	2,703E-04	5,71	7,998	2,70E-04	2,70E-07
10:46:07	2,703E-04	5,73			
RSGIT-40	5,697E-04	4,82	9,522	5,70E-04	4,79E-07
10:47:06	5,698E-04	4,83			
RSGIT-41	4,824E-04	5,08	8,977	4,83E-04	4,30E-07
10:48:10	4,827E-04	5,09			
RSGIT-42	3,588E-04	5,76	7,925	3,59E-04	3,62E-07
10:49:14	3,589E-04	5,77			
RSGIT-43	3,434E-04	5,44	8,629	3,43E-04	3,18E-07
10:50:14	3,436E-04	5,47			
RSGIT-44	3,864E-04	5,07	8,814	3,86E-04	3,51E-07
10:51:20	3,864E-04	5,05			
RSGIT-45	5,552E-04	4,98	9,293	5,55E-04	4,78E-07
10:52:23	5,553E-04	4,91			
RSGIT-46	3,768E-04	5,76	9,105	3,77E-04	3,31E-07
10:53:28	3,769E-04	5,78			
RSGIT-47	3,566E-04	5,98	7,421	3,57E-04	3,84E-07
10:54:34	3,567E-04	5,99			
RSGIT-48	4,302E-04	4,89	9,408	4,30E-04	3,66E-07
10:55:35	4,301E-04	4,92			
RSGIT-49	3,726E-04	5,04	9,533	3,73E-04	3,13E-07
10:56:37	3,728E-04	5,06			
RSGIT-50	6,835E-04	5,08	10,015	6,84E-04	5,46E-07
10:57:50	6,835E-04	5,05			

Tabela IX Intensidades SM normalizadas pela massa (m³/kg).

Amostra	BSus	Phase	Massa	Média	SM da massa (x)
RSGIT-51	6,1270E-04	5,65	9,302	6,13E-04	5,27E-07
0,458020833	6,1280E-04	5,69			
RSGIT-52	7,1652E-04	4,97	9,989	7,17E-04	5,74E-07
0,458796296	7,1731E-04	4,97			
RSGIT-53	3,2675E-04	5,55	7,281	3,29E-04	3,61E-07
0,459583333	3,3034E-04	6,14			
RSGIT-54	3,9941E-04	5,58	8,961	3,99E-04	3,57E-07
0,460300926	3,9950E-04	5,61			
RSGIT-55	3,7569E-04	5,29	8,832	3,76E-04	3,40E-07
0,461053241	3,7603E-04	5,23			
RSGIT-56	4,0670E-04	5,19	8,204	4,07E-04	3,97E-07
0,461851852	4,0734E-04	5,23			
RSGIT-57	3,9526E-04	5,25	7,994	3,95E-04	3,96E-07
0,462604167	3,9566E-04	5,17			
RSGIT-58	3,7813E-04	6,04	7,623	3,77E-04	3,96E-07
0,463287037	3,7598E-04	5,41			
RSGIT-59	5,1316E-04	5,34	8,874	5,13E-04	4,63E-07
0,464027778	5,1326E-04	5,36			
RSGIT-60	4,0742E-04	5,27	9,187	4,07E-04	3,55E-07
0,464722222	4,0711E-04	5,3			
RSGIT-61	6,0132E-04	4,32	10,794	6,02E-04	4,46E-07
0,465405093	6,0168E-04	4,33			
RSGIT-62	3,2482E-04	5,81	8,116	3,25E-04	3,20E-07
0,466122685	3,2492E-04	5,83			
RSGIT-63	5,9460E-04	5,33	9,164	5,95E-04	5,19E-07
0,466851852	5,9442E-04	5,29			
RSGIT-64	4,1794E-04	4,8	9,508	4,18E-04	3,52E-07
0,467592593	4,1852E-04	4,82			
RSGIT-65	3,0424E-04	5,65	7,477	3,04E-04	3,26E-07
0,468321759	3,0436E-04	5,69			
RSGIT-66	3,5546E-04	5,53	8,136	3,55E-04	3,50E-07
0,469050926	3,5549E-04	5,55			
RSGIT-67	3,9971E-04	4,63	10,289	4,00E-04	3,11E-07
0,469768519	3,9988E-04	4,62			
RSGIT-68	2,9548E-04	4,78	10,081	2,96E-04	2,35E-07
0,470497685	2,9564E-04	4,83			
RSGIT-69	3,1962E-04	5,02	9,925	3,20E-04	2,58E-07
0,471238426	3,1978E-04	5,05			
RSGIT-70	3,6423E-04	5,22	10,273	3,64E-04	2,84E-07
0,47193287	3,6434E-04	5,24			
RSGIT-71	4,9782E-04	4,98	10,184	4,98E-04	3,91E-07
0,472662037	4,9796E-04	4,98			
RSGIT-72	2,2228E-04	3,91	8,832	2,22E-04	2,01E-07
0,473368056	2,2235E-04	3,93			
RSGIT-73	4,1788E-04	4,81	10,251	4,18E-04	3,26E-07
0,474166667	4,1781E-04	4,77			
RSGIT-74	8,1956E-05	3,85	9,798	8,20E-05	6,70E-08
0,474861111	8,2055E-05	3,98			
RSGIT-75	3,8347E-05	3,45	9,592	3,84E-05	3,20E-08
0,47556713	3,8397E-05	3,63			

Tabela IX Intensidades SM normalizadas pela massa (m³/kg).

Amostra	BSus	Phase	Massa	Média	SM da massa (x)
RSGIT-76	0.000036295	3.15	8.961	3.63E-05	3.24E-08
0.47650463	0.000036361	3.41			
RSGIT-77	0.00004233	2.84	10.014	4.23E-05	3.38E-08
0.47724537	0.000042356	3.04			
RSGIT-78	0.000041234	2.8	9.763	4.13E-05	3.38E-08
0.477986111	0.000041366	2.97			
RSGIT-79	0.000044947	2.76	10.382	4.50E-05	3.47E-08
0.47869213	0.000045015	2.85			
RSGIT-80	0.000047681	2.68	10.829	4.77E-05	3.52E-08
0.479398148	0.000047737	2.82			
RSGIT-81	0.000049347	2.64	11.099	4.94E-05	3.56E-08
0.48005787	0.000049397	2.91			
RSGIT-82	0.000048594	2.48	10.834	4.86E-05	3.59E-08
0.480740741	0.000048688	2.79			
RSGIT-83	0.000044947	2.69	9.777	4.50E-05	3.68E-08
0.481446759	0.000045024	2.92			
RSGIT-84	0.000045949	0.64	10.462	4.62E-05	3.53E-08
0.487037037	0.000046401	1.69			
RSGIT-85	0.000048544	1.78	11.002	4.87E-05	3.54E-08
0.487743056	0.00004881	2.47			
RSGIT-86	0.000060782	2.08	12.664	6.09E-05	3.84E-08
0.488425926	0.000060939	2.26			
RSGIT-87	0.000055861	2.38	12.021	5.59E-05	3.72E-08
0.489085648	0.000055964	2.58			
RSGIT-88	0.000059796	2.25	12.401	5.98E-05	3.86E-08
0.48974537	0.000059826	2.50			
RSGIT-89	0.000064417	2.3	12.671	6.45E-05	4.07E-08
0.490439815	0.000064516	2.35			
RSGIT-90	0.000060014	2.26	11.668	6.01E-05	4.12E-08
0.491226852	0.000060171	2.39			
RSGIT-91	0.000065057	2.23	11.757	6.51E-05	4.43E-08
0.491909722	0.000065143	2.29			
RSGIT-92	0.000064493	2.2	11.907	6.45E-05	4.34E-08
0.492581019	0.00006459	2.36			
RSGIT-93	0.000072343	2.21	12.577	7.24E-05	4.60E-08
0.493275463	0.000072414	2.32			
RSGIT-94	0.000076094	2.23	12.498	7.61E-05	4.87E-08
0.493923611	0.0000761	2.28			
RSGIT-95	0.000073684	2.26	12.394	7.37E-05	4.76E-08
0.49462963	0.000073716	2.34			
RSGIT-96	0.000077312	2.16	12.097	7.73E-05	5.11E-08
0.495335648	0.000077377	2.27			
RSGIT-97	0.000071096	2.23	11.925	7.11E-05	4.77E-08
0.496041667	0.000071112	2.37			
RSGIT-98	0.000069371	2.2	11.919	6.94E-05	4.66E-08
0.496724537	0.000069469	2.30			
RSGIT-99	0.000071998	2.18	13.253	7.20E-05	4.35E-08
0.497407407	0.000072069	2.31			
RSGIT-100	0.000069558	2.19	12.499	6.96E-05	4.45E-08
0.498159722	0.000069612	2.28			
RSGIT-101	0.000064179	2.15	12.03	6.42E-05	4.27E-08
0.498865741	0.000064209	2.21			
RSGIT-102	0.000070593	2.15	12.454	7.06E-05	4.54E-08
0.499594907	0.000070614	2.22			
RSGIT-103	0.000069005	2.04	11.465	6.90E-05	4.81E-08
0.500300926	0.000069001	2.14			