

**CENTRO DE ESTUDOS GERAIS
INSTITUTO DE QUÍMICA
MESTRADO EM GEOCIÊNCIAS (GEOQUÍMICA)**

ANDERSON DE CARVALHO BORGES

**DINÂMICA DO FÓSFORO EM SEDIMENTOS DE MANGUEZAL EM UM
GRADIENTE DE DREGRADAÇÃO DA VEGETAÇÃO**

**NITERÓI
2006**

Livros Grátis

<http://www.livrosgratis.com.br>

Milhares de livros grátis para download.

ANDERSON DE CARVALHO BORGES

**DINÂMICA DO FÓSFORO EM SEDIMENTOS DE MANGUEZAL EM UM
GRADIENTE DE DREGRADAÇÃO DA VEGETAÇÃO**

Dissertação apresentada ao Curso Pós-Graduação em Geociências da Universidade Federal Fluminense, como requisito parcial para obtenção do Grau de Mestre. Área de Concentração Geoquímica Ambiental

Orientador: Prof. Dr. SAMBASIVA RAO PATCHINEELAM

NITERÓI
2006

ANDERSON DE CARVALHO BORGES

**DINÂMICA DO FÓSFORO EM SEDIMENTOS DE MANGUEZAL EM UM
GRADIENTE DE DREGRADAÇÃO DA VEGETAÇÃO**

Aprovado em março de 2006.

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Sambasiva Rao Patchineelam – Orientador
Universidade Federal Fluminense

Dr. Wilson Thadeu Valle Machado
Universidade Federal Fluminense

Prof. Dr. William Zamboni de Mello
Universidade Federal Fluminense

Prof. Dr. Marcelo Corrêa Bernardes
Universidade Federal Fluminense

Prof. Dr. Carlos Eduardo Rezende
Universidade do Estadual do Norte Fluminense

NITERÓI
2006

DEDICATÓRIA

A Deus, por toda criação.

AGRADECIMENTOS

À minha mãe que nunca mediu esforços para que eu chegasse até aqui.

Às minhas tias Elaine Luis de Carvalho e Geiva Luis de Carvalho Mello e tio Fábio Franco que despenderam muito do seu tempo com ricos ensinamentos.

Ao amigo e professor Mário Moscatelli, pela orientação na minha graduação e por favorecer grandes oportunidades até aqui.

Ao amigo e professor Dr. Sambasiva pelos ensinamentos e orientação.

Ao Dr. Wilson Machado, por ser meu Co-orientador e amigo, que me ensinou muito sobre geoquímica dos ecossistemas de manguezais.

À Dr. Denise Araripe pelos ensinamentos sobre química analítica e por ter corrigido a dissertação com todo carinho.

À Helenice Leal, pelos ensinamentos sobre química analítica e ajuda no laboratório.

Ao Professor Dr. William Z. de Mello, por ter cedido o espectrofotômetro e a balança.

À Christian Sanders, por ter me ajudado na datação do testemunho MD2.

Ao Dr. Marcelo Domingues, Professor Dr. Emanuel e amigo Eduardo Marques por ter me cedido materiais.

À amiga Ana Paula Rodrigues, pela grande ajuda nas coletas.

Ao amigo Jailson C. Dias, pela ajuda em resolução de problemas laboratoriais.

Aos amigos Paulo F. Oliveira e Viviane Ka Ma, pela grande ajuda no laboratório

A Rejane por desempenhar um excelente trabalho na biblioteca, demonstrando simpatia, boa vontade, e acima de tudo, mostrando que ama a função de bibliotecária.

A Hildenise pela ajuda na revisão segundo as normas da ABNT.

Ao INPE, pelas imagens de satélite do manguezal de Mauá –Baía de Guanabara.

Ao camarada Eduardo Negri, por ter trabalhado nas imagens cedidas pelo INPE.

A amiga Sandra Fernandes, por ter me ajudado no tratamento da imagem da Baía de Guanabara.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pela bolsa de mestrado

Ao Prof. Dr. Patrick Albéric da Universidade de Orléans (França) por ter feito as análises de carbono orgânico e nitrogênio total.

Aos grandes amigos, Andréia Rocha, Luciana Sanders, Renato Aragão, Rodrigo Rodrigues, Daniele Cristina e Marcos Platino pelo apoio direto e indireto nesta dissertação.

EPÍGRAFE

O Senhor com sabedoria fundou a terra; com entendimento preparou os céus. (Provérbios 3:19)

Texto extraído da Bíblia sagrada

RESUMO

O sedimento e a vegetação de manguezal podem influenciar a qualidade ambiental de áreas afetadas por efluentes urbanos devido à retenção ou incorporação de contaminantes como o fósforo. Considerando a importância dos manguezais, e a dinâmica do fósforo para este ecossistema, este trabalho caracterizou as formas de fósforo em sedimentos de manguezal de Mauá (Baía de Guanabara), usando o fracionamento do fósforo entre formas orgânicas e inorgânicas. Para a realização deste trabalho foram feitas coletas de sete testemunhos de sedimento, localizados: (1) na planície de lama onde não havia presença de manguezal (testemunho PL); (2) em áreas com a vegetação de manguezal degradada provavelmente por cortes (testemunhos MD1 e MD2); (3) onde a vegetação foi morta provavelmente por pragas (testemunho MP); (4) onde o manguezal tem árvores senescentes (testemunho MS); (5) onde a vegetação estava aparentemente saudável (testemunhos MV1 e MV2). Os resultados mostraram que os valores médios do fósforo inorgânico (PI) no sedimento diminuem em direção ao continente. Esta variação pode ser explicada pela incorporação do PI pela vegetação de manguezal que também está preservada neste sentido. Os testemunhos MD1 e MD2 apresentam os valores de PI mais elevados da área. Esse resultado pode ser explicado por estes pontos apresentarem sedimentos de cor marrom, evidenciando serem sedimentos oxidados e estes têm uma forte tendência de seqüestrar o PI. O aumento do PI nos testemunhos PL, MD1, MD2, MP, e MS em direção à superfície dos testemunhos, provavelmente se deve ao aumento do aporte de efluentes urbanos a partir de 1950 (dados de ^{210}Pb), que coincide com o aumento da população urbana do Rio de Janeiro. Os valores médios de fósforo orgânico (PO) e matéria orgânica (MO) aumentam em direção ao continente. Esses dados podem ser explicados pela preservação da floresta nos testemunhos mais próximos do continente. O percentual %PO no testemunho PL é 16% e este testemunho tem forte correlação negativa da MO com o PO. Os testemunhos MD1 e MD2 apresentam %PO igual a 6% e 17%, respectivamente. Estes testemunhos apresentam fraca correlação da MO com o PO. No testemunho MP o %PO é igual a 55% e este testemunho tem fraca correlação da MO com o PO. Estes resultados evidenciam que a MO e o PO têm diferentes origens. No testemunho MS o %PO é 70% e o PO tem forte correlação positiva com a MO. Nos testemunhos MV1 e MV2 o %PO é respectivamente de 90 e 86%. Nestes testemunhos o PO apresenta forte correlação positiva com a MO. A comparação com outros trabalhos na Baía de Guanabara mostrou que o testemunho PL apresenta concentrações de PT próximas das encontradas dentro da área da baía, evidenciando um quadro de contaminação por fósforo neste ambiente. Os resultados evidenciam a importância da vegetação de manguezal para a distribuição e o fracionamento geoquímico do fósforo nos sedimentos estudados.

Palavras chaves: Fósforo; manguezal; degradação; contaminação ambiental.

ABSTRACT

Sediment and vegetation of mangrove forest can influence the environmental quality of areas affected by urban sewage due to retention or incorporation of contaminants such as phosphorus. Considering the importance of the mangroves and dynamics of the phosphorus for this ecosystem, this work characterizes the organic and the inorganic fractions of phosphorus in sediments of the Mauá mangrove forest (Guanabara Bay). For this study, seven sediment core were collected (1) in the mud flat without presence of mangrove trees (core PL), (2) in areas with vegetation degraded probably by deforestation (cores MD1 and MD2), (3) in areas with dead vegetation probably by insect attacks (core MP), (4) where the mangrove forest has senescent trees (core MS), (5) in an area with vegetation is apparently healthy (core MV1 and MV2). The results showed that the average values of inorganic phosphorus (IP) in the sediment decrease in the continent direction. This variation can be explained by the incorporation of IP by mangrove vegetation also preserved in this direction. Core MD1 and MD2 showed higher values of IP. This result may be explained by a presence of oxidized sediments (with brown color), since oxidized sediments tend to sequester phosphorus. The increase of IP in cores PL, MD1, MD2, MP and MS from bottom to surface probably is due to an increase of urban effluent input since 1950 (^{210}Pb data), in agreement with the increase of the Rio de Janeiro urban population. The average values of organic phosphorus (OP) and organic matter (OM) in the sediment increases in the continental direction. These results can be explained by the preservation of the forest in the cores next to the continent. The %PO in core PL is 16% and this core showed a strong negative correlation of OM with OP. Cores MD1 and MD2 presented a %OP of 6% and 17%, respectively. These cores presented weak correlation of OM with OP. In core MP the %OP is equal to 55% and this core showed weak correlation of OM with OP. These results show that OM and OP have different origins. In core MS, the %OP is 70% and the OP has strong positive correlation with the OM. Cores MV1 and MV2 have %OP of 90 and 86%, respectively. In these cores the OP showed strong positive correlation with OM. The comparison with other studies in Guanabara Bay showed that TP concentrations of core PL closer to those within the bay area, evidencing a context of phosphorus contamination in this environment. The results evidence the importance of mangrove vegetation on phosphorus distribution and geochemical fractionation in sediments.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Ilustração simplificada da ciclagem do fósforo no ecossistema manguezal. modificado de Hakanson; Jansson (1983), Sundyby (1992) e Alongi et al. (1992).....	17
Figura 2: Localização da Baía de Guanabara e do manguezal de Mauá, e a caracterização da distribuição dos pontos de amostragem.....	21
Figura 3: Imagens do manguezal de Mauá mostrando o avanço da degradação da vegetação. A imagem mostra: a) o ano 1975 com resolução de 90 metros; b) o ano 1990 com resolução de 30 metros e c) o ano de 2005 com resolução de 20 metros.....	22
Figura 4: Distribuição vertical das concentrações de fósforo inorgânico no sedimento do manguezal de Mauá.....	20
Figura 5: Distribuição vertical das concentrações de fósforo orgânico no sedimento do manguezal de Mauá.....	31
Figura 6: Distribuição vertical das concentrações de fósforo total no sedimento do manguezal de Mauá.....	32
Figura 7: Distribuição vertical da percentagem de fósforo inorgânico no sedimento do manguezal de Mauá.....	33
Figura 8: Distribuição vertical da percentagem de fósforo orgânico no sedimento do manguezal de Mauá.....	34
Figura 9: Distribuição vertical de matéria orgânica no sedimento do manguezal de Mauá.....	35
Figura 10: Distribuição vertical da fração <math><63 \mu\text{m}</math> no sedimento do manguezal de Mauá....	36
Figura 11: Distribuição vertical da percentagem de umidade no sedimento do manguezal de Mauá.....	37
Figura 12: Distribuição vertical da densidade no sedimento do manguezal de Mauá.....	38
Figura 13: Distribuição dos pontos já estudados do fósforo total na Baía de Guanabara.....	43
Figura 14: Distribuição das atividades de LN ^{210}Pb (ex) em função da profundidade para o cálculo da sedimentação através do modelo CIC.....	46
Figura 15: Distribuição dos pontos da taxa de sedimentação da Baía de Guanabara dos trabalhos de Amador (1980), Godoy et al. (1998) e este presente trabalho.....	49
Figura 16: Perfil vertical das concentrações do fósforo total, fósforo inorgânico e fósforo orgânico no perfil MD2.....	50
Figura 17: Distribuição vertical das percentagens de fósforo orgânico e fósforo inorgânico no sedimento do perfil MD2.....	51

Figura 18: Distribuição do fluxo de fósforo do testemunho MD2 no sedimento do manguezal de Mauá e densidade demográfica do Estado do Rio de Janeiro de 1872 / 2000 (IBGE, 2000).....	52
Figura 19: Características físicas do perfil vertical do testemunho MD2 em Mauá.....	54
Figura 20: Carbono orgânico e nitrogênio total no perfil vertical do sedimento do manguezal em Mauá, apresentado em A e B o testemunho PL, B e C o testemunho MV1 e E e F o testemunho MD2.....	55
Figura 21: Razão C/N no perfil vertical do sedimento do manguezal de Mauá.....	57

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Valores médios, máximos e mínimos de PT, PO, PI, %PI, %PO, MO, densidade, granulometria e umidade encontrados no perfil do sedimento do manguezal de Mauá.....	29
Tabela 2: Apresentação dos resultados de fósforo total encontrado por Souza (1991) no sedimento da Baía de Guanabara.....	42
Tabela 3: Apresentação dos resultados de fósforo total apresentado por FEMAR (1998) no sedimento da Baía de Guanabara.....	44
Tabela 4: Perfil vertical do ^{210}Pb total e ^{226}Ra no sedimento do testemunho MD2.....	46
Tabela 5: Apresentação da Taxa de sedimentação da Baía de Guanabara dos pontos P1, P2 e P3 nas datas de 1849/1922 e 1938/1962 extraído do trabalho de Amador (1980) com objetivo de comparação com os resultados deste presente trabalho.....	47
Tabela 6: Apresentação da taxa de sedimentação da Baía de Guanabara dos pontos P4, P5, P6, P7 e P8 extraído do trabalho de Godoy (1998) com objetivo de comparação com os resultados deste presente trabalho.....	48
Tabela 7: Valores de enriquecimento do fósforo total (PT) e fósforo inorgânico (PI) nos testemunhos PL, MD1, MD2, MP, MS, MV1 e MV2 do manguezal de Mauá.....	53
Tabela 8: Valores médios, máximos e mínimos da razão C/N encontrados no perfil do sedimento do manguezal de Mauá.....	58

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	14
1. 1 O ECOSSISTEMA MANGUEZAL	14
1. 1. 1 Processos dominantes na geoquímica do fósforo em sedimentos de manguezal	16
2 HIPÓTESE E OBJETIVO	19
2. 1 HIPÓTESE.....	19
2. 2 OBJETIVO GERAL.....	19
2. 2. 1 Objetivos específicos	19
3 ÁREA DE ESTUDO	20
3. 1 A EVOLUÇÃO DA DEGRADAÇÃO DA VEGETAÇÃO DO MANGUEZAL DE MAUÁ-BAÍA DE GUANABARA.....	22
4 MATERIAIS E MÉTODOS	23
4. 1 COLETA.....	23
4. 2. PRÉ-TRATAMENTO DAS ANÁLISES.....	24
4. 3 EXTRAÇÃO DE FÓSFORO.....	24
4. 4 ESTATÍSTICA.....	25
4. 5 TAXA DE SEDIMENTAÇÃO.....	25
4. 6 RAZÃO C/N.....	26
5 RESULTADOS E DISCUSSÃO	28
5. 1 DISTRIBUIÇÃO DO FÓSFORO NO SEDIMENTO DO MANGUEZAL DE MAUÁ.....	28
5. 2 COMPARAÇÃO COM OUTROS TRABALHOS REALIZADO NA BAÍA DE GUANABARA.....	41
5. 3 DATAÇÃO DO SEDIMENTO DO PERFIL VERTICAL MD2 COM ²¹⁰ Pb.....	45
5. 3. 1 Taxa de sedimentação do perfil vertical MD2	45
5. 3. 2 Taxa de sedimentação da Baía de Guanabara	47
5. 3. 3 Fluxo de fósforo no sedimento do perfil vertical MD2	50
5. 3. 3. 1 Fator de enriquecimento do fósforo no sedimento do manguezal em Mauá	52

5. 4 RAZÃO C/N NO SEDIMENTO DO MANGUEZAL DE MAUÁ.....	55
6 CONCLUSÃO.....	59
7 REFERÊNCIAS.....	61
8 ANEXO	65

1 INTRODUÇÃO

1.1 O ECOSISTEMA DE MANGUEZAL

Os manguezais são ecossistemas costeiros, de transição entre os ambientes terrestres e marinhos constituídos por comunidades vegetais lenhosas, perenifólias e halófitas (SCHAEFFER-NOVELLI, 1995), que possuem adaptações morfológicas e fisiológicas que lhe possibilitam viver em substratos instáveis, ricos em argila orgânica, alagados periodicamente pela maré, salinos e com baixos teores de oxigênio (SCHAEFFER-NOVELLI et al., 2000).

As florestas de manguezais ocupam as costas tropicais e subtropicais do planeta (CINTRON-MOLERO, 1992). Estes sistemas se desenvolvem em zonas litorâneas em ambientes de intensa deposição, como fundo de baías, estuários e reentrâncias da costa, onde a velocidade das correntes e a ação das ondas sejam reduzidas (AMADOR, 1997).

Foi estimado que os manguezais ocupam uma área global de aproximadamente 15 a 30 milhões de hectares (LACERDA, 1998) e apresentam maior desenvolvimento na faixa entre os trópicos de Câncer e de Capricórnio (23° 27' N e 23° 27' S), principalmente na linha do equador (SCHAEFFER-NOVELLI, 1995). As maiores florestas do mundo estão localizadas na Ásia (principalmente na Malásia e na Índia), enquanto na América as maiores florestas estão localizadas no Brasil e Venezuela (LACERDA, 1984).

O Brasil possui uma orla litorânea de 7408 km, onde 6786 km contêm vegetação de manguezal, estimada em uma área de aproximadamente 25,000 km², SAENGER et al.; (1983) apud SCHAEFFER-NOVELLI et al. (2000) estendendo-se desde a foz do rio Oiapoque, no Amapá (4° 30' N), até Laguna, em Santa Catarina, (28° 53' S). SCHAEFFER-NOVELLI et al. (1995).

Dentre as principais espécies vegetais de manguezais presentes nas costas brasileiras se destacam os seguintes gêneros: *Rhizophora mangle* (mangue vermelho); *Avicennia schaueriana* (mangue-siriúba); *Laguncularia racemosa* (mangue branco) (LACERDA, 1984) e *Conorcarpus* (KJERFVE e LACERDA, 1993).

Na faixa de transição, as árvores de manguezais podem estar associadas por outras espécies de plantas, como: *Acrostichum aureum*; *Hybiscus pernambussensis* e a gramínea *Spartina alterniflora* (ARAUJO e MACIEL, 1979; SCHAEFFER-NOVELLI, 1995).

Os manguezais têm sido classificados como um dos ecossistemas mais produtivos do mundo (LACERDA, 1998), devido à alta produção de serrapilheira que favorece à intensa ciclagem de nutrientes (SCHAEFFER-NOVELLI, 1995).

Esses sistemas têm desempenhado um importante papel econômico promovendo muitos serviços para a população humana (LACERDA, 1998), dentre os quais podem ser citados: proteção e estabilização da linha da costa; local propício para a reprodução de algumas espécies de peixes, moluscos, crustáceos economicamente importantes; fonte de recursos naturais como: lenha, carvão, produtos medicinais (VANNUCCI, 1999). Também podem ser eficientes barreiras biogeoquímicas para metais, devido a certas características do sedimento, como a granulometria fina que favorece a afinidade com metais, associado ao elevado conteúdo de matéria orgânica que resultam em um rápido consumo do oxigênio presente nestes sedimentos, tornando-os anóxicos e precipitando metais como sulfetos (LACERDA, 1998).

A vegetação e o sedimento de manguezal são eficientes estocadores de fósforo derivado de esgotos urbanos (BOTO, 1992; WONG et al. 1995; TAM e WONG, 1996). Um dos fatores que pode intermediar a incorporação de fósforo pela vegetação são as formações de placas-de-ferro no sistema radicular, que são camadas de hidróxidos de ferro que cobrem as raízes de plantas, mediando a incorporação de elementos pela vegetação (CHRISTENSEN e WIGAND, 1998; MACHADO et al., 2005).

Os sedimentos dos manguezais constituem um compartimento que registra o histórico destes ecossistemas através da deposição de materiais que possibilita a avaliação da intensidade e formas de impactos aos quais estes ambientes estão ou estiveram submetidos.

Segundo Schaeffer-Novelli (1995), os sedimentos do manguezal possuem características variáveis devido às suas diferentes origens. Esses substratos podem ser parcialmente originados no próprio ambiente, pela decomposição de serrapilheira e restos de animais. Podem ser ainda produtos de decomposição de materiais de diferentes naturezas, como sedimentos derivados de materiais vulcânicos, graníticos, gnáissicos e recifais. Geralmente estes sedimentos são tipicamente argilas e lamas argilo-arenosas pouco consistentes e normalmente possuem coloração cinza-escuro e são periodicamente inundados pela maré.

O tipo de substrato do manguezal pode determinar quais as espécies vegetais que vão se desenvolver e influenciar na saúde do vegetal e seu desenvolvimento (VANNUCCI,

1989), bem como a própria cobertura vegetal pode modificar algumas características do substrato, como por exemplo:

(1) um maior aporte de matéria orgânica (SCHAEFFER-NOVELLI, 1995) pode promover o consumo do oxigênio pelos microorganismos aeróbios presentes no sedimento, tornando o sedimento anóxico, favorecendo a liberação do fósforo adsorvido no sedimento para a água intersticial (ATLAS e BARTHA, 1993);

(2) promover a oxidação do sedimento através da liberação de oxigênio das raízes (LACERDA et al., 1993), podendo alterar a dinâmica do pH, favorecendo a oxidação dos sulfetos a sulfatos com a formação conseqüente de ácido sulfúrico, tornando o sedimento ácido (MIDDELBURG et. al., 1996).

Os sedimentos ácidos podem modificar o comportamento do fósforo no sedimento, como mostra o estudo realizado por Jin et al. (2005) que postulam que a modificação do pH pode interferir no comportamento do fósforo nos sedimentos, mostrando que em condições menos extremas de acidez e alcalinidade (pH 4 – 8) do sedimento o fósforo tem menor disponibilidade para o meio.

Nas últimas décadas, grande parte dos manguezais tem sofrido gradativamente contaminação por um exagerado aporte de nutrientes, em virtude do aumento da densidade demográfica associado a um ineficiente tratamento de esgoto. Apesar desta situação, a vegetação e o sedimento dos manguezais podem desempenhar um importante papel na retenção e na ciclagem destes nutrientes (BOTO, 1992).

1. 1. 1 Processos dominantes na geoquímica do fósforo em sedimentos de manguezais

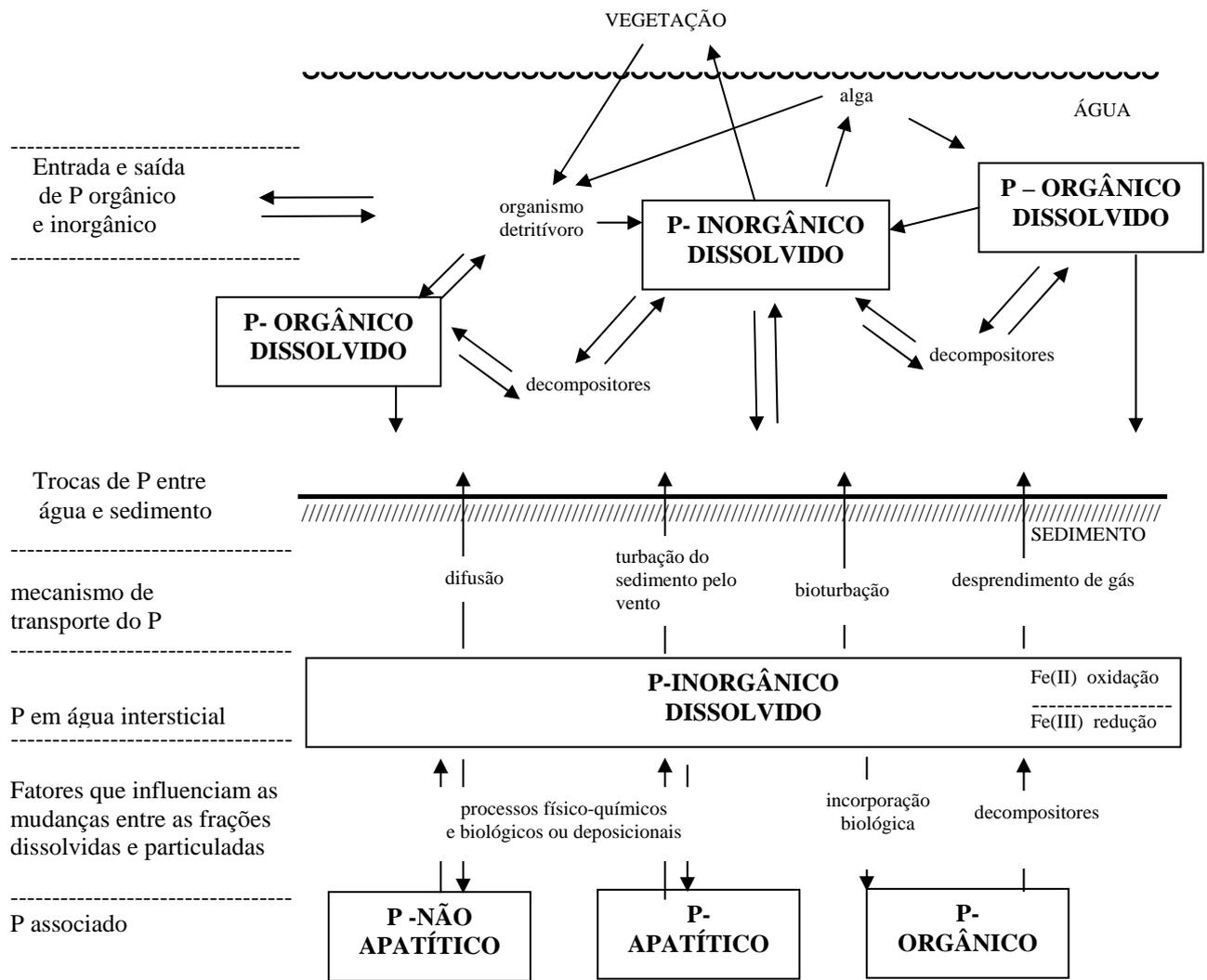
O ciclo do fósforo ocorre entre as rochas, águas, solos e sedimentos. Este ciclo é peculiar comparado com os grandes ciclos biogeoquímicos dos nutrientes, como, por exemplo, o C e N, uma vez que o grande reservatório de fósforo não é o ar (ODUM et al., 1982, JAHNKE, 1992), pois, como o potencial redutor da maioria dos solos e sedimentos não permite a formação de quantidade significativa de gás fosfina (PH_3), o fluxo de fósforo através da poeira e chuva também são insignificantes em termos de ciclo global (JAHNKE, 1992).

Os grandes depósitos naturais de fósforo são provenientes de rochas fosfatadas, na sua maioria contendo minerais apatíticos, que exibem uma estrutura de cristal hexagonal na forma pura cuja fórmula geral pode ser dada como $\text{Ca}_{10}(\text{PO}_4)_6 \text{X}_2$, onde $\text{X} = \text{F}^-$, OH^- ou Cl^- podendo formar fluorapatita (F^-), hidroxiapatita (OH^-) ou clorapatita (Cl^-), constituindo 95% de todo o fósforo da crosta terrestre (JAHNKE, 1992; RUTTENBERG, 2003).

Pela ação do intemperismo, os minerais apatíticos são alterados, resultando na liberação do fósforo para o ambiente. A ação antrópica também é responsável por disponibilizar fósforo para o meio, como por exemplo: esgoto residencial, rejeitos industriais e fertilizantes. A partir destas fontes, o fósforo poderá ser transportado nas formas particuladas e/ou dissolvidas através dos riachos, rios, água subterrânea e deposição atmosférica (seca ou úmida) para os estuários, lagos e oceanos (RUTTENBERG, 2003, JAHNKE, 1992).

Como está representado na Figura 1, o fósforo proveniente de origem natural ou antrópica é transportado pela água da maré para ambientes de manguezais distribuindo-se nas formas orgânica ou inorgânica.

Figura 1: Ilustração simplificada da ciclagem do fósforo no ecossistema manguezal. Modificado de Hakanson e Jansson (1983), Sundby et al. (1992) e Alongi et al. (1992).



Quando o fósforo está na forma orgânica ele pode: (1) ser ingerido por organismos detritívoros (HOLMER, 2003), favorecendo a entrada do fósforo orgânico na cadeia trófica; (2) ser metabolizado por microorganismos que podem incorporar este fósforo, também podendo disponibilizá-lo na forma inorgânica (SUNDBY, 1992; ALONGI et al., 1992) ou na forma de gás fosfina (ATLAS e BARTHA, 1993); (3) ser transportado para outros ambientes.

Quando o fósforo está na forma inorgânica dissolvida, esta forma pode variar com o pH e apresentar as seguintes espécies predominantes: (1) em água doce, H_2PO_4^- (pH 3-6) e HPO_4^{2-} (pH 8-10); (2) na água do mar, HPO_4^{2-} (pH 7-8) e PO_4^{3-} (pH 9-10) (JAHNKE, 1992). Estas espécies de fósforo podem ser rapidamente assimiladas por microorganismos, algas e plantas, incluindo a vegetação do manguezal (ALONGI et al., 1992) que vão metabolizar este fósforo podendo, posteriormente, devolvê-lo para o ecossistema na forma orgânica.

Em condições menos ácidas como a maioria das águas estuarinas, a maior parte dos íons Fe^{3+} encontra-se na forma de hidróxido de ferro (ESTEVES, 1998). O hidróxido de ferro tem uma forte tendência para adsorver o fosfato (SUNDBY et al., 1992; SHERMAN e FAHEY, 1998), podendo precipitar no sedimento.

O fósforo inorgânico dissolvido também pode precipitar com o Ca^{2+} (ATLAS e BARTHA, 1993) e formar fluorapatita, hidroxapatita e cloroapatita (RUTTENBERG, 2003), bem como se ligar às placas de ferro do sistema radicular (CHRISTENSEN e WIGAND, 1998; MACHADO et al., 2005).

Alongi et al. (1992) e Berner e Berner (1996) concluem que o fósforo inorgânico, uma vez em solução, pode ser retido fortemente por adsorção nas partículas de argilas. Alongi et al. (1992) postulam que, por esse motivo, o fósforo geralmente apresenta baixa concentração nas águas superficiais.

A dissolução do fósforo depositado vai depender de algumas características físico-químicas como pH e estado redox (ALONGI et al., 1992), ou mecanismos como bioturbação e turbulência induzida pelo vento (HAKANSON e JANSSON, 1983).

Também outro fator que promove a liberação de fósforo depositado no sedimento para água intersticial é a baixa concentração de oxigênio, por consequência de alguns microorganismos reduzirem o Fe^{3+} em Fe^{2+} (ATLAS e BARTHA, 1993 e HOLMBOE et al., 2001), desta forma o fósforo ligado ao Fe^{3+} é liberado para a água intersticial, podendo migrar para a coluna de água e voltar novamente ao ciclo (HOLMER, 2003).

2 HIPÓTESE E OBJETIVO

2. 1 HIPÓTESE

Em sedimentos de manguezal com vegetação preservada é possível que o fósforo orgânico seja predominante em relação ao fósforo inorgânico e, em sedimentos de manguezal com vegetação degradada, é possível que o fósforo inorgânico esteja armazenado e o fósforo orgânico apresente baixo conteúdo acompanhando a tendência da matéria orgânica.

2. 2 OBJETIVO GERAL

Considerando a importância dos manguezais, e o comportamento do fósforo neste ecossistema, esse trabalho teve o objetivo de caracterizar o ambiente de Mauá (Baía de Guanabara), pela determinação do fósforo total, fósforo inorgânico e fósforo orgânico no sedimento do manguezal em um gradiente de degradação da vegetação.

2. 2. 1 Objetivos específicos

- 1) Determinar a concentração do fósforo total nos sedimentos da área de estudo, para avaliar o ambiente afetado pelos efluentes domésticos;
- 2) Caracterizar o fracionamento geoquímico do fósforo presente no sedimento em ambientes com diferentes níveis de degradação;
- 3) Reconstruir o histórico da acumulação do fósforo no sedimento e determinar o fluxo deste elemento;
- 4) Avaliar a influência da degradação dos manguezais sobre a acumulação de fósforo nos sedimentos.

3 ÁREA DE ESTUDO

A Baía de Guanabara (Figura 2a), localizada no Estado do Rio de Janeiro, é influenciada por uma das maiores metrópoles brasileiras. Segundo Kjerfve et al. (1997), a Baía de Guanabara tem uma superfície de 384 km², a sua média do volume de água é de 1,87 X 10⁹m³, sua profundidade média é de 7,6 m, seu perímetro é de 131 km, possuindo 45 rios e canais, entre estes, seis rios são responsáveis por 85% da descarga anual. O clima da região é quente e úmido com estação chuvosa no verão, sem estação seca bem definida. A temperatura média anual é de 23,7 °C e a média anual da umidade relativa do ar é de 78% ao nível do mar.

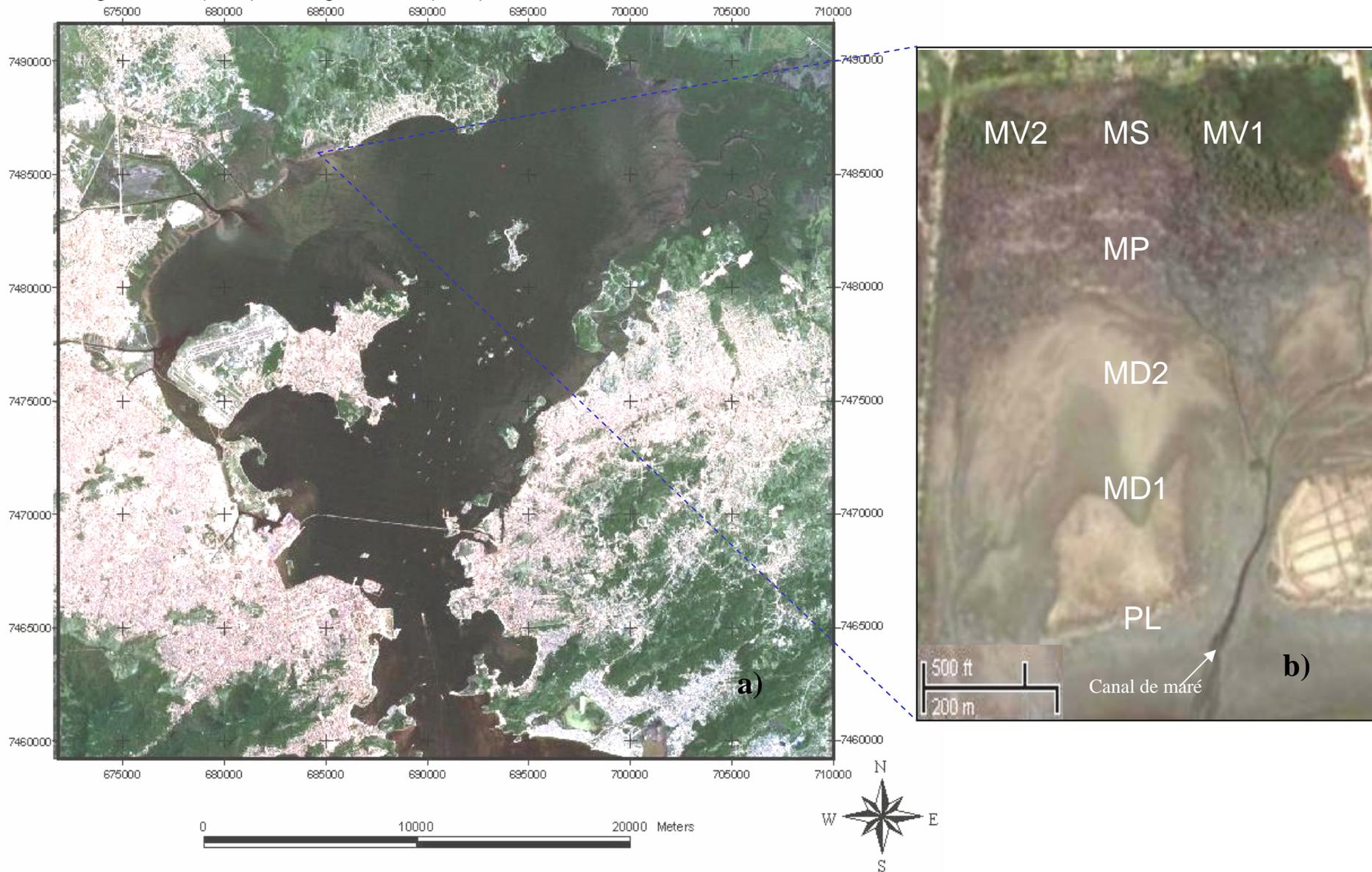
Segundo Amador (1997), a precipitação anual média é superior a 2000 mm na Serra do Mar e oscila entre 1.000 e 1 500 mm na Baixada Fluminense. A temperatura da água da baía oscila entre 21,5 °C, na área externa, e 26,1 °C, na área do fundo. As marés da Baía de Guanabara são de pequena amplitude e de tipo irregular, possuindo amplitude máxima de 1,40 m e amplitude mínima de 20 cm. Da entrada da Baía de Guanabara para a área do fundo da mesma, a salinidade média das águas superficiais varia entre 29 ‰ a 35 ‰ na estação seca, e entre 21 ‰ e 34 ‰ na estação chuvosa.

Apesar da Baía de Guanabara ser um ambiente de relevante valor ecológico e econômico além de grande importância ambiental, social e histórica, infelizmente este sistema há muitas décadas vem sofrendo um processo constante de degradação e contaminação das suas águas e sedimentos, por consequência da grande concentração populacional e industrial e do crescimento urbano desordenado.

Kjerfve et al. (1997) concluíram que no entorno da Baía de Guanabara existe uma grande população, sendo que aproximadamente 71% desta população está concentrada a oeste da baía, principalmente no município do Rio de Janeiro e nas cidades vizinhas.

Diariamente, 6.000 toneladas de lixo são geradas na área que cerca a Baía de Guanabara e 6.000 indústrias estão instaladas ao redor da mesma promovendo contaminação. Segundo Marques et al. (2002) a carga de esgotos domésticos lançados para a baía é de 17 m³/s, o equivalente a uma carga orgânica de 465 toneladas diárias.

Figura 2: Localização da Baía de Guanabara (a) e do manguezal de Mauá (b), e a caracterização dos pontos de amostragem: planície de lama (PL); mangue degradado 1 (MD1), mangue degradado 2 (MD2); Mangue morto por praga (MP); mangue senescente (MS); mangue vivo 1 (MV1) e mangue vivo 2 (MV2).



Estes fatores de degradação, somados aos aterros legais ou clandestinos que a Baía de Guanabara vem sofrendo, contribuem para uma alta taxa de sedimentação que, segundo Amador (1997), em média, é de 1cm/ano.

Entre estes acontecimentos danosos à Baía de Guanabara, se destaca a degradação da vegetação de manguezal. Dados apresentados por Amador (1997) mostram que no ano de 1500 existia um total de 260 km² de vegetação, enquanto que dados da FEEMA (1990), apud KJERFVE et al. (1997), indicam que restam apenas 90km² no total, dos quais 43km² estão localizados na APA de Guapimirim.

Apesar do elevado processo de degradação das áreas entre marés, a vegetação remanescente pode estar contribuindo para a retenção de contaminantes originados de efluentes urbanos.

3.1 A EVOLUÇÃO DA DEGRADAÇÃO DA VEGETAÇÃO DO MANGUEZAL DE MAUÁ- BAÍA DE GUANABARA

Foi feita uma comparação da cobertura vegetal da área de estudo através de imagens de satélite das últimas três décadas (Figura 3).

A imagem do Landsat (órbita/ponto 151/125) do ano 1975 (Figura 3 a) revela que existia vegetação de manguezal no local do testemunho MD2. A imagem do Landsat (órbita/ponto 151/125) do ano de 1990 (Figura 3 b) mostra que a vegetação de manguezal nos testemunhos MD1 e MD2 já estava degradada e existia vegetação nos testemunhos MP, MS, MV1 e MV2. Estes resultados mostram que a vegetação de manguezal foi degradada entre as datas de 1976 e 1989.

A imagem do Cbers (órbita/ponto 151/125) do ano de 2005 (Figura 3 c) demonstra que houve um avanço na degradação do manguezal dos anos de 1975 até 2005, atingindo os locais dos testemunhos MP, MS, MV1 e MV2.

Figura 3: Imagens do manguezal de Mauá mostrando o avanço da degradação da vegetação. A imagem mostra: a) o ano 1975 com resolução de 90 metros; b) o ano 1990 com resolução de 30 metros e c) o ano de 2005 com resolução de 20 metros.



4 MATERIAIS E MÉTODOS

4.1 COLETA

Para a realização deste estudo, foram feitas coletas de testemunhos de sedimento no manguezal de Mauá durante a maré baixa, em diferentes ambientes de manguezal, através de tubos de acrílico previamente descontaminados em HCl 10%.

Cinco testemunhos foram coletados ao longo de um transect perpendicular à linha d'água, (PL, MD1, MD2, MP e MS) e em seguida também foram coletados mais dois testemunhos (MV1 e MV2) ao redor da extremidade do transect próxima ao continente, dentro da floresta viva (Figura 2 b).

O testemunho PL foi coletado em um local próximo à margem, onde não havia vegetação de manguezal; os testemunhos MD1 e MD2 foram coletados em uma área onde o mangue havia sido degradado aproximadamente entre 15 e 20 anos atrás; o testemunho MP foi coletado no mangue de *Laguncularia racemosa* morto aproximadamente dois anos antes da data da coleta, provavelmente por pragas (coleóptero) que perfuravam o caule da vegetação; o testemunho MS foi coletado em uma área de mangue senescente (algumas árvores vivas e outras mortas) de *Laguncularia racemosa* e os testemunhos MV1 e MV2 foram coletados no mangue vivo remanescente de *Laguncularia racemosa*. (Figura 2b).

O testemunho MD2 apresentava 50 cm de comprimento e 7 cm de diâmetro e os testemunhos PL, MD1, MP, MS, MV1 e MV2 apresentavam 25 cm de comprimento e 7 a 9 cm de diâmetro. Manteve-se uma distância de 200 m entre os pontos do transect, e aproximadamente 400 m entre os pontos perpendiculares ao mesmo MV1 e MV2. Um aparelho de posicionamento GPS (marca Garmin, modelo II), foi usado para determinar a localização de cada ponto de coleta.

Neste estudo as coletas foram feitas em duas etapas, em março de 2003 e fevereiro de 2004. Na primeira etapa foram coletados os testemunhos PL (22° 43. 368 S e 43° 11.709 W) e MD1 (22° 43.315 S e 43° 11.724' W), na segunda etapa, foram coletados os

testemunhos: MD2 (22° 43.262' S 43° 11.739' W); MP (22° 43.211' S e 43° 11. 751' W); MS (22° 43 154' S e 43° 11. 768 W); MV1 (22° 43. 221' S e 43° 11. 725' W) e MV2 (22° 43. 173' S e 43° 11. 838' W).

4. 2 PRÉ-TRATAMENTO DAS ANÁLISES

No laboratório, os testemunhos foram seccionados de 2 em 2 cm até os primeiros 10 cm de profundidade e de 5 em 5 cm abaixo deles. Todas as amostras foram ensacadas e congeladas. Todos os materiais utilizados durante as análises foram lavados com detergente Extran (diluído a 10%), isento de fósforo, seguido por posterior descontaminação com ácido nítrico (diluído a 30%) e enxágüe com água destilada.

Para a caracterização das amostras foi determinada a concentração de matéria orgânica, conforme estimado pelo método de perda por ignição a 450 °C por 5 h (LEGG E BLACK, 1955), o conteúdo de sedimentos finos (frações argila e silte), foi estimado após peneiramento numa malha de 63µm, e a densidade aparente dos sedimentos, determinada pela pesagem de sub-amostras de volume conhecido após secagem. A verificação do teor de água no sedimento foi feita no mesmo dia da coleta, para isso, 1/3 do sedimento de cada amostra foi retirado e pesado na balança analítica e levado à estufa a 50 °C até peso constante.

4. 3 EXTRAÇÃO DE FÓSFORO

A extração de fósforo inorgânico e total foi realizada de acordo com Aspila et al. (1976). Para a realização deste método, foi separado 0,400 g de sedimento seco e macerado. Posteriormente, foram adicionados 10 mL de HCl 1 mol/L e extraído o fósforo inorgânico. O fósforo total foi extraído após a calcinação por 450 °C por 5 h. O fósforo orgânico foi calculado por diferença entre fósforo total e fósforo inorgânico. Para melhor extração do fósforo, as amostras após a adição do HCl, foram agitadas por 16 h em mesa agitadora. Todos os extratos foram filtrados com filtro Milipore de 25 mm de diâmetro e 0,45 µm de poro, acondicionados em tubos de polipropileno de 12 mL e conservados na geladeira.

As concentrações de fósforo foram medidas pelo método colorimétrico de Grasshoff et al. (1983). Para estas análises foram preparados três reagentes (R1, R2 e R3), onde $R1 + R2 = R3$. Para preparar o R1, foi pesado 0,03 g de antimonil tartarato de potássio ($C_4 H_4 KO_7 Sb H_2O$) e 2,5 g de molibdato de amônio ($H_{24} Mo_7 N_6 O_{24} 4H_2O$) dissolvido e aferido com

H₂SO₄ 9 mol/L em um balão de 100 mL; para preparar o R2 foi pesado 2,5 g de ácido ascórbico (C₆ H₈ O₆) e aferido em um balão de 25 mL. No momento das determinações espectrofotométricas foram misturados quatro volumes de R1 e um volume de R2, dando origem ao reagente R3.

Para a curva de calibração (Anexo 1), partiu-se de uma solução estoque KH₂PO₄ 1,79x 10⁻³ mol /L, a partir da qual foram preparados 5 padrões entre 1,79 x 10⁻⁵ mol /L e 7,16 x 10⁻⁴ mol /L de fosfato, em HCl 1mol/L de concentrações conhecidas.

Para as medidas espectrofotométricas foram misturados 10 mL de H₂O destilada + 1 mL de amostra ou padrão + 1 mL de R3. Após a mistura, a leitura foi realizada entre 10 e 30 minutos. Neste método, a concentração de fósforo foi determinada pela intensidade de absorção luminosa do complexo azul de fosfomolibdato, medida no espectrofotômetro da marca HITACHI, modelo U-1100, em 880nm de comprimento de onda.

Para estimar a reprodutibilidade das análises foi calculada a diferença percentual relativa em réplicas da mesma amostra. A reprodutibilidade observada foi de 1% a 6% para o fósforo inorgânico e de 1% a 2% para o fósforo total.

A exatidão das análises foi testada através da amostra certificada “NIST” (Nacional Institute of Standards and Technology, Estuarine Sediment- 1646a), que sofreu o mesmo tratamento de extração do fósforo total e determinações espectrofotométricas. Estas análises mostram que, para um valor certificado 0,0027± 0,001%, foi encontrado uma média de 0,0027± 0,002%, indicando uma excelente exatidão das análises e uma boa precisão com um coeficiente de variação igual a 6%.

4. 4 ESTATÍSTICA

As análises de correlações de Pearson foram realizadas com o auxílio do software STATISTICA for Windows, Release 5.1, para verificar a dependência entre os tipos de fósforo inorgânico, orgânico e total com a matéria orgânica, sedimento fino <63 µm, umidade e densidade.

4. 5 TAXA DE SEDIMENTAÇÃO

A taxa de sedimentação foi estimada no testemunho MD2, para reconstruir o histórico da contaminação. A amostragem foi feita em um perfil sedimentar de 50 cm de profundidade localizado no meio do transect (Figura 2b). As amostras úmidas foram homogeneizadas, pesadas e colocadas em placas de petri de 70 mL pré-pesadas. As placas

de petri foram lacradas e armazenadas por três semanas, para prevenir a perda de ^{222}Rn e permitir o estabelecimento do equilíbrio secular entre ^{226}Ra e os filhos de ^{222}Rn de meia-vida curta (MOORE, 1984).

As amostras foram contadas individualmente, em um suporte com a mesma geometria, num detector de raios gama. As atividades de ^{210}Pb e ^{226}Ra foram medidas num detector coaxial germânio hiperpuro, acoplado a um analisador de multicanais. O certificado da calibração do detector foi feito pelo Instituto de Radioproteção de Dosimetria (número de certificado C/87/A00). O detector tem uma resolução de 40%. O software utilizado para interpretar os dados foi o Genie-2000.

O tempo de contagem das amostras variou entre 40,000 e 80,000s, dependendo da atividade de cada amostra. A atividade do ^{226}Ra foi calculada através do ^{214}Pb . Isso foi possível devido ao ^{226}Ra e o ^{214}Pb estarem em equilíbrio secular e a atividade do ^{214}Pb (252 KeV) é mais preciso para ser calculado que o ^{226}Ra , devido a intensidade de radiação em sua linha espectral. A atividade em excesso do ^{210}Pb foi calculada subtraindo-se a atividade do ^{226}Ra da atividade total do ^{210}Pb (MOORE, 1984).

Para correções do background do detector foi utilizada uma fonte de ^{210}Pb , certificada (IRD-RJ) em que a mesma é colocada sobre um volume similar à fatia de sedimento medida (CUTSHALL et al., 1982). A atividade obtida é comparada com a atividade esperada. Com esses resultados associados à porosidade, foi aplicado o cálculo da taxa de sedimentação pelo método CIC (*Constant Initial Concentration*) (APPLEBY e OLDFIELD, 1992; RAVICHANDRAN et al., 1995)

4. 6 RAZÃO C/N

A razões C/N foram feitas em três testemunhos (PL, MD2 e MV1), para avaliar a qualidade da matéria orgânica, testando a hipótese de que o testemunho PL é uma planície de lama onde não havia vegetação de manguezal, o testemunho MD2 havia vegetação de manguezal e o testemunho MV1 havia um manguezal vivo.

Para obter a razão C/N, os parâmetros químicos de carbono orgânico e nitrogênio total foram determinados por análise elementar (analisador LECO, modelo CNS-2000), no Instituto de Ciências da Terra de Orléans (ISTO), vinculado a Universidade de Orléans (França), sob a responsabilidade do Prof. Dr. Patrick Albéric.

Para realização do método de análise, as amostras foram descarboxatadas e, posteriormente, pesadas em cadinhos de cerâmica, o qual foi levado para o analisador, onde foi submetido à combustão a 850 °C em ambiente de oxigênio puro. Os gases da combustão foram coletados em um balão de ar quente de 4,5 L, sendo em seguida a

umidade das amostras retiradas através de uma solução de anidrido. O carbono foi detectado por célula IR (infravermelho) e o nitrogênio por uma célula de condutividade térmica.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 DISTRIBUIÇÃO DO FÓSFORO NO SEDIMENTO DO MANGUEZAL DE MAUÁ

Os valores nos sedimentos encontrados para fósforo inorgânico (PI), fósforo total (PT), percentagem do fósforo inorgânico (% PI) e o teor de finos ($\% < 63 \mu\text{m}$) têm uma tendência de diminuir em direção ao continente (Tabela 1 e Figuras 4, 6, 7 e 10), enquanto os valores de fósforo orgânico (PO), percentagem do fósforo orgânico (% PO), matéria orgânica (MO) e % umidade, têm uma tendência de aumentar em direção ao continente (Tabela 1 e Figuras 5, 8, 9 e 11) e a densidade aparente (Figura 12) apresentou valores elevados somente nos testemunhos MD1.

Ao longo do transect, o fósforo inorgânico e a fração fina do sedimento têm uma tendência de diminuir em direção ao continente (Tabela 1). A diminuição do PI em direção ao continente deve-se, provavelmente, a retenção do fósforo inorgânico pela floresta de manguezal existente nos testemunhos MS, MV1 e MV2. Estes resultados concordam com o estudo realizados por Boto (1992), Wong et al. (1995) e Tam e Wong (1996), que sugerem que a vegetação de mangue é eficiente incorporadora de fósforo.

Outro fator que também pode contribuir com a diminuição do fósforo inorgânico no sentido continente é a fração fina do sedimento, pois a fração pode adsorver fósforo inorgânico. Estudos realizados por Alongi et al (1992); Berner e Berner (1996) mostram que o fósforo em solução se adsorve fortemente às partículas de argilas, em particular, às argilas com caolinita, abundante em sedimentos e solos tropicais.

Os testemunhos MD1 e MD2 apresentam os mais elevados valores de fósforo inorgânico (Figura 4; Tabela 1), provavelmente por estes sedimentos serem mais oxidados. O que indicou esta oxidação foi a coloração marrom do sedimento, indicando a presença de Fe^{3+} . Silva e Sampaio (1998) sugerem que os sedimentos expostos à atmosfera tendem a formar hidróxido de ferro e formar fosfato complexo de ferro. O trabalho realizado por Paes e Lins (1993) comparou duas áreas de manguezal na Baía de Guanabara, sendo uma

desmatada e a outra com vegetação viva. Na área desmatada também encontraram sedimento marrom indicando sedimentos oxidados.

Tabela 1: Valores médios, máximos e mínimos de fósforo total (PT), fósforo orgânico (PO), fósforo inorgânico (PI), percentagem de fósforo inorgânico (%PI), percentagem de fósforo orgânico (%PO), matéria orgânica (MO), densidade aparente, percentagem de finos (<63um) e umidade encontrados no perfil do sedimento do manguezal de Mauá em testemunhos com n= 8.

		TESTEMUNHOS						
		PL	MD1	MD2	MP	MS	MV1	MV2
PI (µg/g)	<i>Mínimo</i>	403	282	172	168	71	5	26
	<i>Média</i>	571	1244	849	227	118	37	92
	<i>máximo</i>	1109	1909	1378	269	219	78	121
PO (µg/g)	<i>Mínimo</i>	0,1	1	48	178	87	231	463
	<i>Média</i>	85	43	125	289	304	286	594
	<i>máximo</i>	182	111	242	388	481	371	931
PT(µg/g)	<i>Mínimo</i>	403	334	292	347	159	250	533
	<i>Média</i>	657	1286	974	547	422	322	686
	<i>máximo</i>	1291	1912	1620	642	598	449	1023
%PI	<i>Mínimo</i>	78	82	59	40	18	2	5
	<i>Média</i>	88	94	83	45	30	10	14
	<i>máximo</i>	100	100	93	54	45	18	17
%PO	<i>Mínimo</i>	0,0	0,1	7	46	55	82	83
	<i>Média</i>	12	6	17	55	70	90	86
	<i>máximo</i>	22	18	41	60	82	98	95
%MO	<i>Mínimo</i>	12	14	19	31	20	37	33
	<i>Média</i>	16	20	22	36	31	43	40
	<i>máximo</i>	19	23	27	39	41	50	50
%<63um	<i>Mínimo</i>	74	80	70	74	55	51	69
	<i>Média</i>	81	85	80	79	73	63	75
	<i>máximo</i>	85	91	90	85	85	74	83
%Umidade	<i>Mínimo</i>	63	41	51	69	59	75	67
	<i>Média</i>	65	52	53	73	66	78	70
	<i>máximo</i>	68	60	64	75	75	82	74
Densidade aparente (g/cm³)	<i>Mínimo</i>	0,31	0,60	0,29	0,23	0,16	0,20	0,25
	<i>Média</i>	0,35	0,71	0,42	0,30	0,28	0,26	0,32
	<i>máximo</i>	0,37	0,90	0,55	0,48	0,48	0,33	0,34

Figura 4: Distribuição vertical das concentrações de fósforo inorgânico no sedimento do manguezal de Mauá. Os testemunhos representados são: a) PL, MD1, MD2, MP e MS e b) MV1 e MV2.

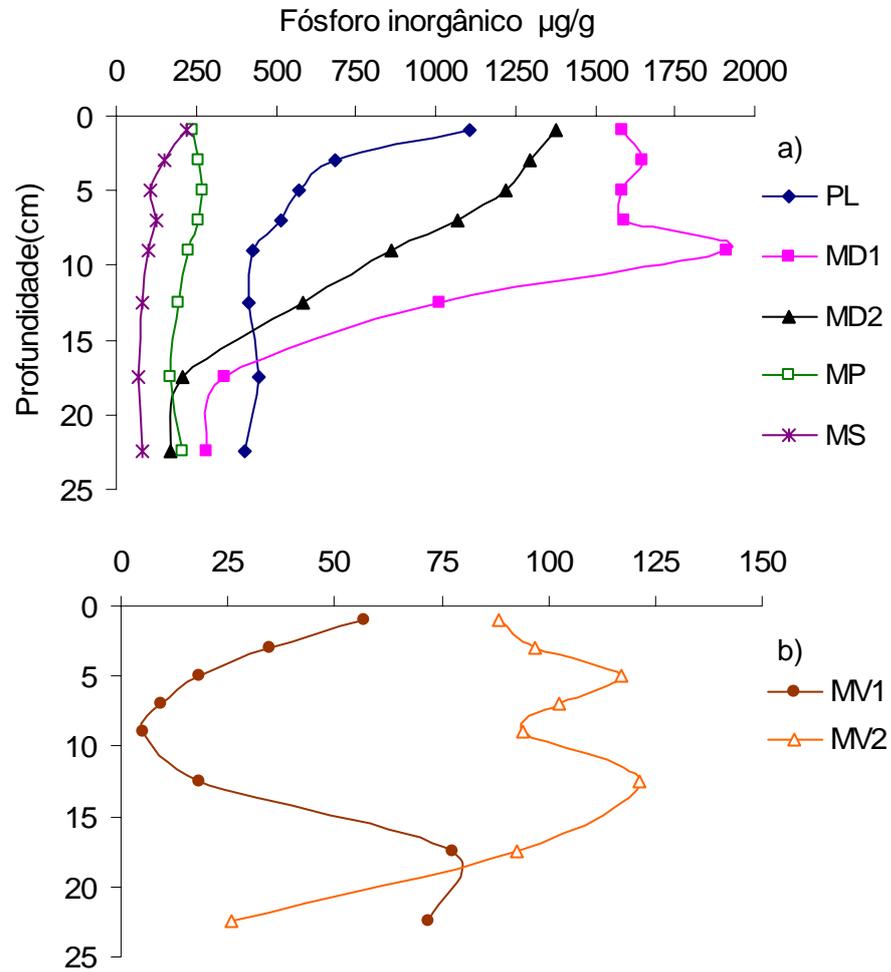


Figura 5: Distribuição vertical das concentrações de fósforo orgânico no sedimento do manguezal de Mauá. Os testemunhos representados são: a) PL, MD1, MD2, MP e MS e b) MV1 e MV2.

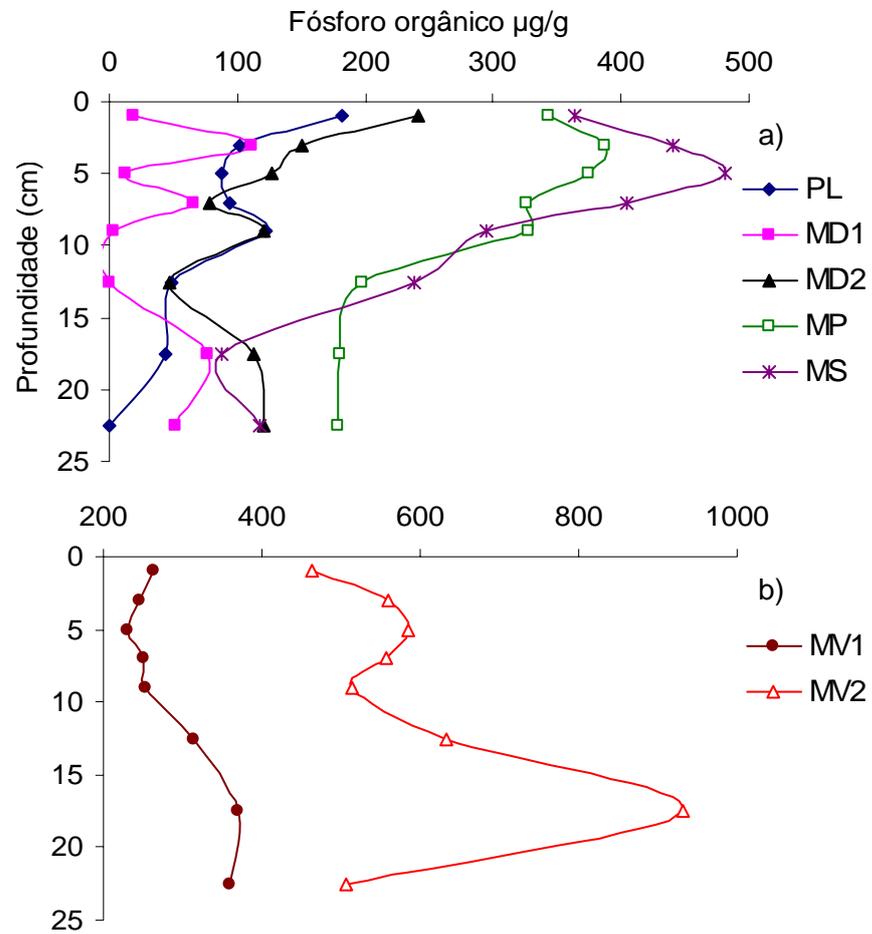


Figura 6: Distribuição vertical das concentrações de fósforo total no sedimento do manguezal de Mauá. Os testemunhos representados são: a) PL, MD1, MD2, MP e MS e b) MV1 e MV2.

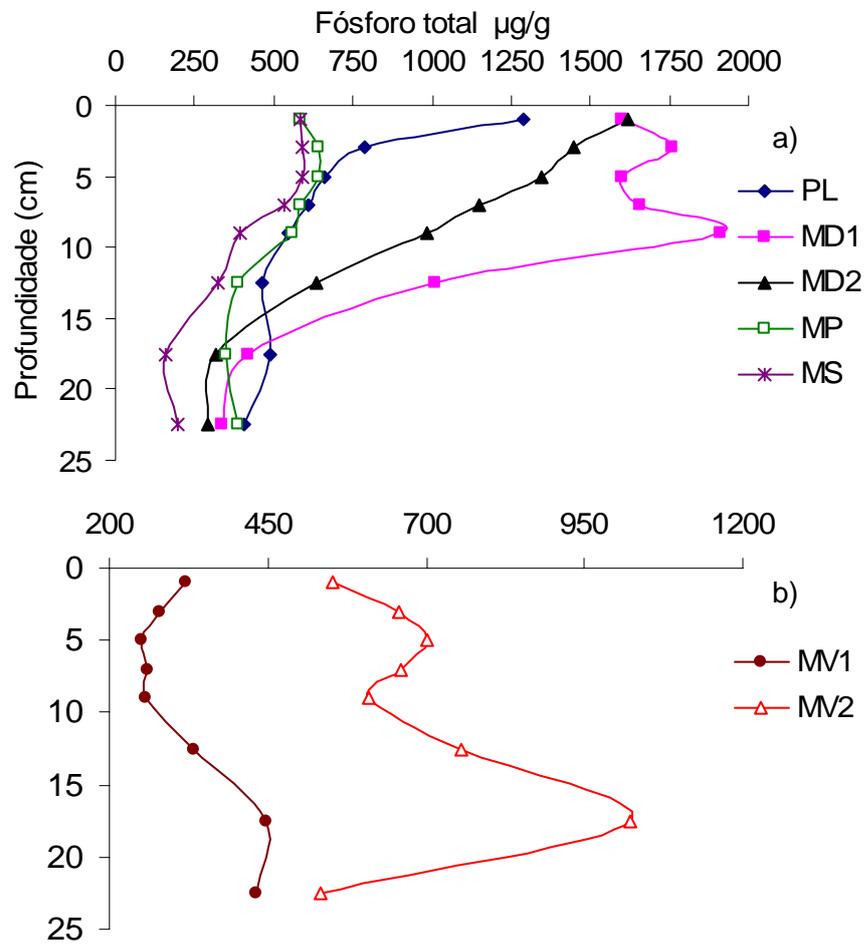


Figura 7: Distribuição vertical da percentagem de fósforo inorgânico no sedimento do manguezal de Mauá. Os testemunhos representados são: a) PL, MD1, MD2, MP e MS e b) MV1 e MV2.

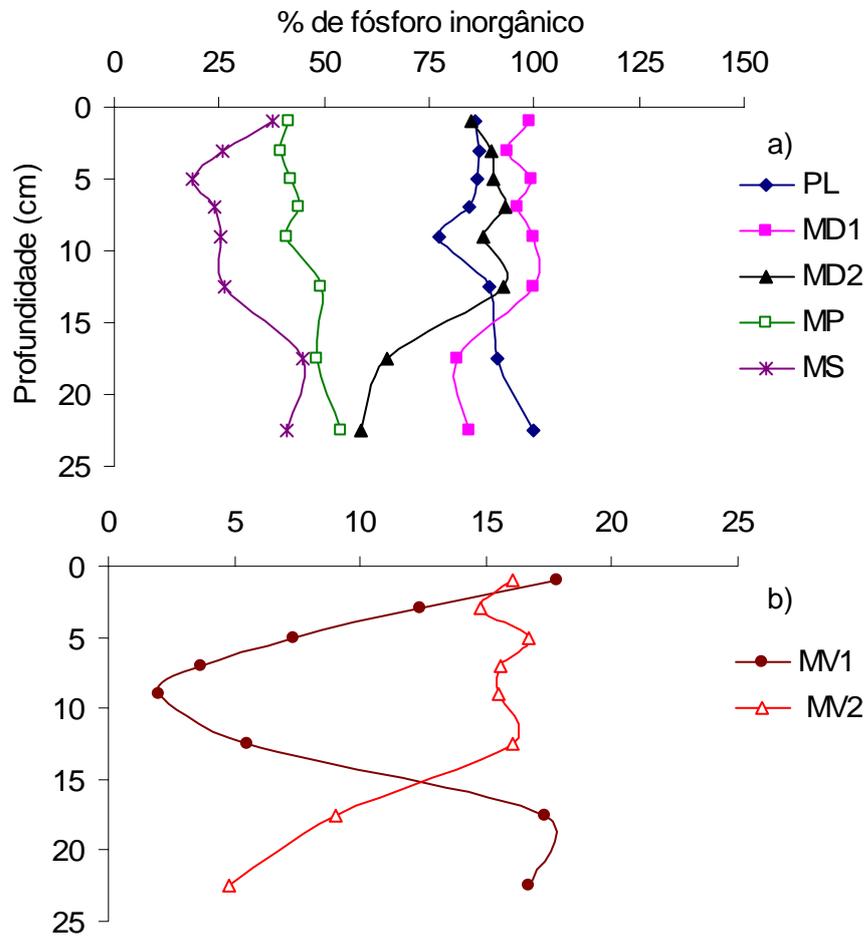


Figura 8: Distribuição vertical da percentagem de fósforo orgânico no sedimento do manguezal de Mauá. Os testemunhos representados são: a) PL, MD1, MD2, MP e MS e b) MV1 e MV2.

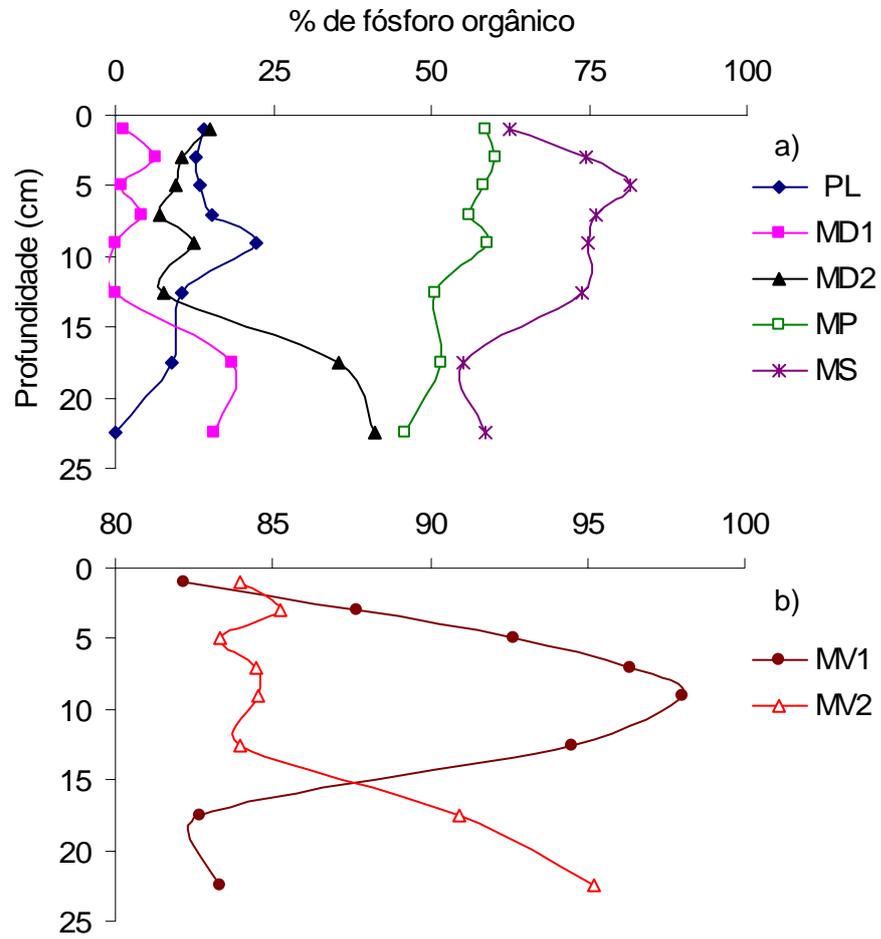


Figura 9: Distribuição vertical de matéria orgânica no sedimento do manguezal de Mauá. Os testemunhos representados são: a) PL, MD1, MD2, MP e MS e b) MV1 e MV2.

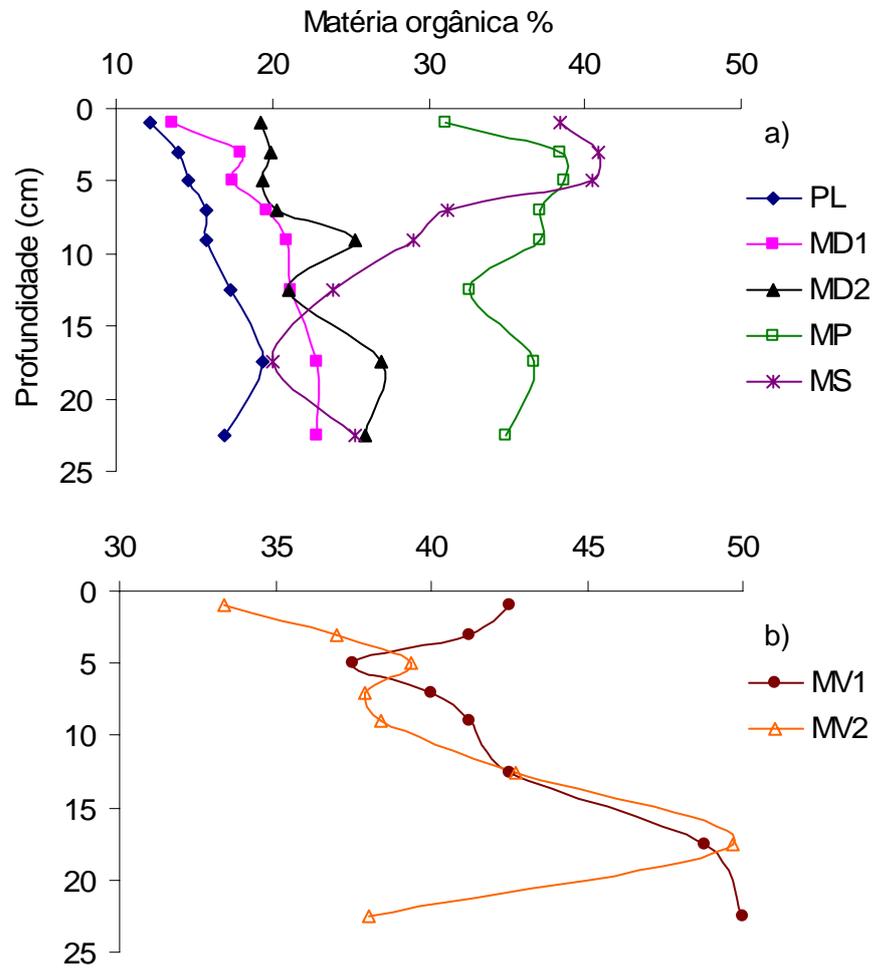


Figura 10: Distribuição vertical da fração <63 μm no sedimento do manguezal de Mauá. Os testemunhos representados são: a) PL, MD1, MD2, MP e MS e b) MV1 e MV2.

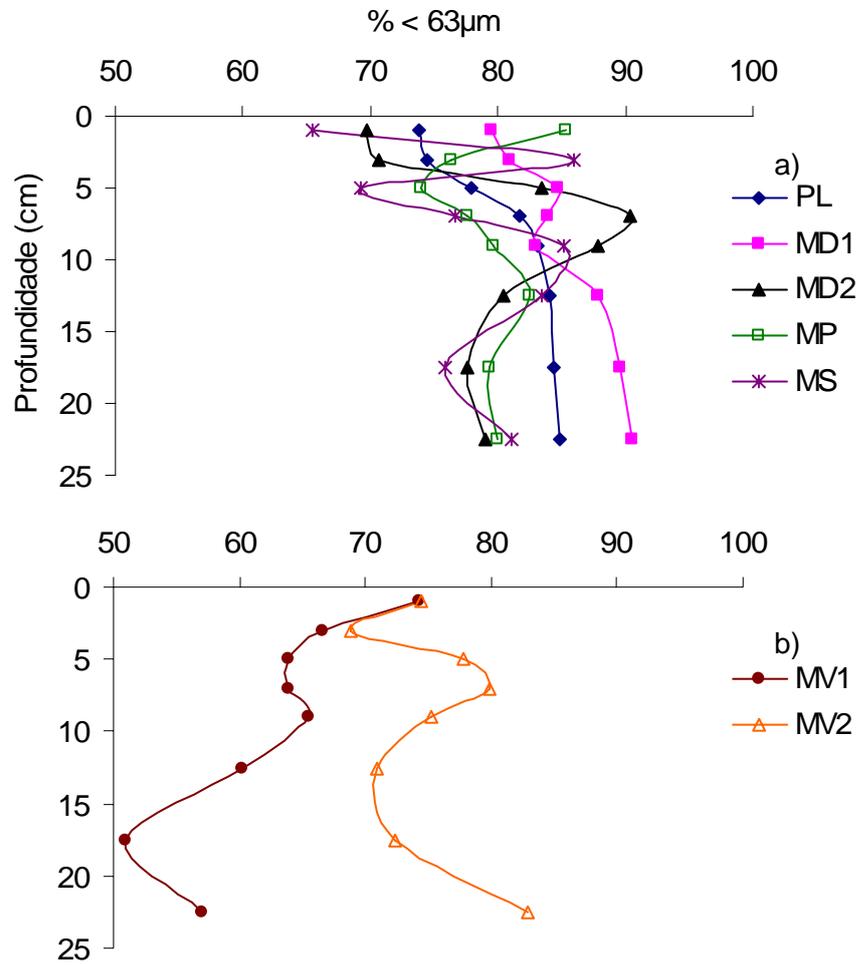


Figura 11: Distribuição vertical da percentagem de umidade no sedimento do manguezal de Mauá. Os testemunhos representados são: a) PL, MD1, MD2, MP e MS e b) MV1 e MV2.

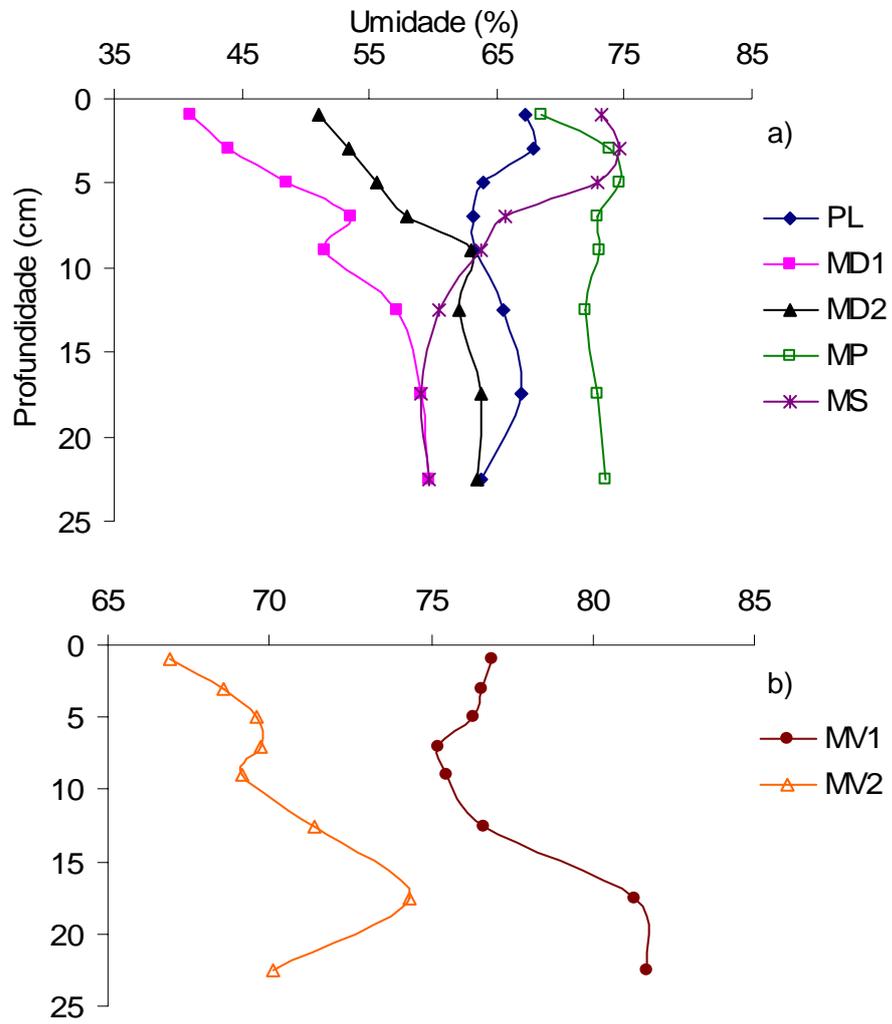
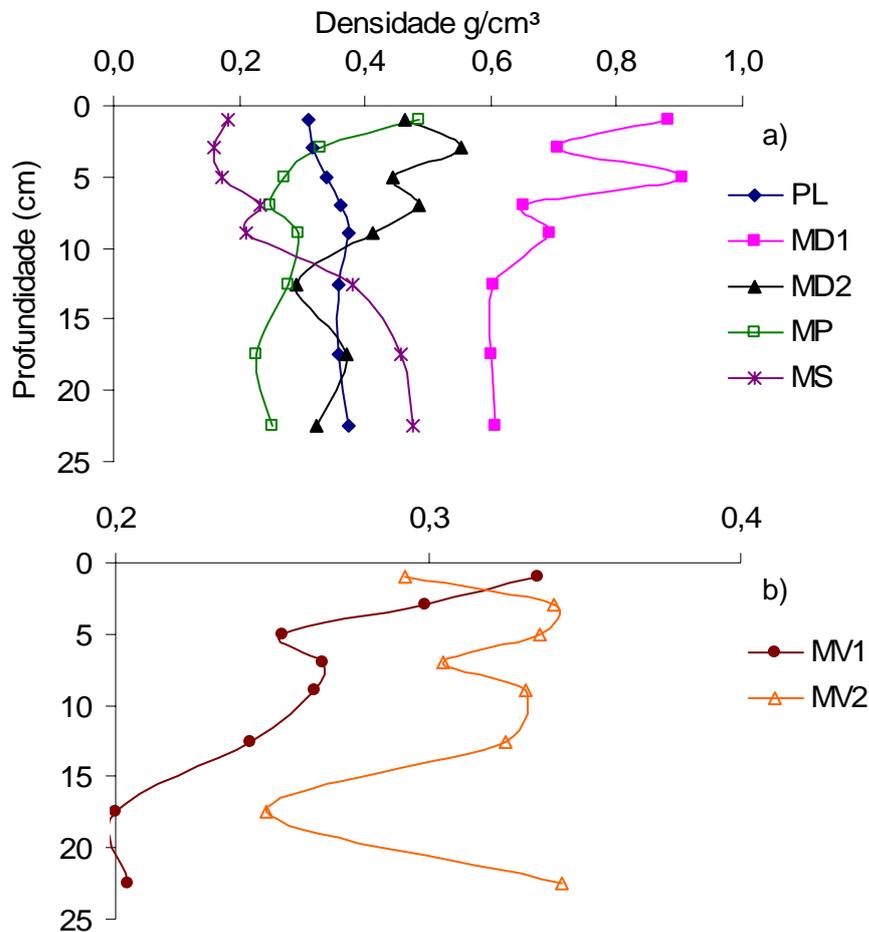


Figura 12: Distribuição vertical da densidade aparente no sedimento do manguezal de Mauá. Os testemunhos representados são: a) PL, MD1, MD2, MP e MS e b) MV1 e MV2.



Embora o testemunho PL esteja próximo às águas da baía, rica em fósforo inorgânico proveniente de efluentes urbanos, este testemunho apresenta valores de fósforo inorgânico menores que os testemunhos MD1 e MD2 (Figura 4; Tabela 1). Isso ocorre provavelmente por este testemunho ser mais freqüentemente inundado pelas águas da baía tendo menos contato com o ar atmosférico, e sedimentos com baixos teores de oxigênio, tendem a liberar fósforo inorgânico para o meio. De acordo com Alongi et al. (1992), a dissolução do fósforo inorgânico vai depender das características físico-químicas do sedimento como pH e Eh, afetando a acumulação de fósforo nos sedimentos.

Holmer (2003); Hakanson e Jansson (1983) discutem que o oxigênio apresenta grande importância na liberação ou retenção de fósforo pelos sedimentos. Um exemplo clássico deste processo é a liberação do fósforo inorgânico para o meio em baixa concentração de oxigênio e, sobretudo, em anaerobiose por consequência da redução do Fe^{3+} a Fe^{2+} . O fósforo ligado ao Fe^{3+} pode ser liberado para o meio aquoso podendo ter

vários destinos como: ser incorporado pela biota; ligar-se com outros elementos como, por exemplo, metais bivalentes (Ca^{2+} e Mg^{2+}), ou ser novamente ligado ao Fe^{3+} e ser transportado para outros ambientes.

Os testemunhos MP (floresta morta aproximadamente 2 anos) e MS (floresta com vegetação senescente) apresentam valores médios de fósforo inorgânico menores que os testemunhos MD1 e MD2 (desprovido de floresta de mangue) e valores médios de fósforo inorgânico maiores que os testemunhos MV1 e MV2 (floresta viva) (Figura 4; Tabela 1). Os testemunhos MP e MS apresentam estes valores de fósforo inorgânico, talvez pela vegetação apresentar maior grau de degradação que os testemunhos MV1 e MV2 e menor grau de degradação que os testemunhos MD1 e MD2.

Nos testemunhos PL, MD1, MD2, MP, MS e MV2, os valores de fósforo inorgânico aumentam em direção à superfície. Tal fato pode estar relacionado com o aumento do aporte de efluentes urbanos nas últimas décadas. Outros fatores que podem estar contribuindo para a diminuição do fósforo inorgânico em direção à profundidade dos testemunhos é o que Anschutz et al. (1998) observaram. Eles indicaram que o fósforo ligado ao ferro diminui com a profundidade do testemunho devido ao fato de que os óxidos amorfos de ferro podem: (1) reagir com sulfetos, formando sulfeto de ferro e liberando o fósforo inorgânico; (2) converter-se em óxidos mais cristalinos, que têm menor capacidade de adsorção de fósforo inorgânico; (3) ser re-precipitados como espécies minerais não disponíveis, como o sulfeto de ferro e carbonato de ferro, o que não favorece a adsorção do fósforo pelo ferro; (4) ser consumidos pelas bactérias que oxidam a matéria orgânica.

A percentagem de PI apresentado na Figura 7 mostra valores mais altos nos testemunhos sem floresta (PL, MD1 e MD2) e valores mais baixos nos testemunhos onde há cobertura vegetal (MV1 e MV2) e valores intermediários são apresentados nos testemunhos onde a floresta está morta (MP) e onde a floresta está se extinguindo (MS). Estes percentuais sugerem que a vegetação de mangue pode estar incorporando o fósforo inorgânico presente no sedimento.

Segundo Marques et al. (2002) o aporte de esgoto que a Baía de Guanabara recebe é equivalente a 465 toneladas diárias. Embora a água da Baía de Guanabara esteja rica em esgotos domésticos, não podemos considerar que a diminuição do fósforo inorgânico em direção ao continente seja por influência da maré que transportam fósforo para os testemunhos mais próximos à baía, pois quando a maré está subindo, a água entra no canal de maré representado na Figura 2, inunda primeiramente os pontos PL, MS, MV1 e MV2 e posteriormente inunda os pontos MP, MD1 e MD2.

De acordo com as Figuras 5 e 9 e a Tabela 1, as concentrações do fósforo orgânico se elevam em direção ao continente, associado ao aumento do conteúdo de matéria orgânica, talvez devido à:

(1) ausência de cobertura vegetal nos testemunhos PL, MD1, MD2 e MP, que pode promover baixos teores de percentagem de PO no sedimento, onde PL= 12%, MD1= 6%, MD2= 17% e MP= 55% (valores médios) como apresentado na Tabela 1, as baixas correlações da matéria orgânica com o fósforo orgânico para os testemunhos MD1 ($r= 0,14$), MD2 ($r= -0,31$) e MP ($r= 0,37$) e a forte correlação negativa no testemunho PL ($r= -0,80$) confirmam esta idéia; (2) cobertura vegetal nos testemunhos MS, MV1 e MV2 que promove elevados teores de percentagem de fósforo orgânico no sedimento (MS= 70%, MV1= 90% e MV2= 86% valores médios). Fortes correlações positivas do fósforo orgânico com a matéria orgânica, como apresentado nos testemunhos MS ($r= 0,90$); MV1 ($r= 0,93$) e MV2 ($r= 0,95$) confirmam esta idéia.

Estudos nos sedimentos realizados por Alongi et al. (1992) mostraram que, por causa das raízes do mangue, o fósforo orgânico representa a maior fração do fósforo total. Isto pode explicar o conteúdo de fósforo orgânico nos testemunhos MV1, MV2 e MS.

Como apresentado nas Figuras 5 e 9, os valores de fósforo orgânico no testemunho PL são maiores que no testemunho MD1, apesar da matéria orgânica ser mais elevada no testemunho MD1 do que no testemunho PL. Isto pode indicar que a matéria orgânica no testemunho MD1 é mais pobre em fósforo orgânico do que no testemunho PL.

O mesmo ocorre no testemunho MV1, que demonstra ter valores de matéria orgânica próximos ao do testemunho MV2, no entanto, o testemunho MV1 apresenta menor conteúdo de fósforo orgânico comparado com o testemunho MV2, sugerindo que a matéria orgânica do testemunho MV1 seja mais pobre em fósforo orgânico.

O ponto onde a vegetação de mangue foi morta por pragas há aproximadamente dois anos (testemunho MP) demonstra ter maior conteúdo de matéria orgânica e fósforo orgânico, se comparado com os pontos onde a floresta havia sido morta entre 15 a 20 anos atrás (testemunhos MD1 e MD2). Estes resultados sugerem que, quando uma floresta de mangue é degradada e não se regenera, o sedimento ao longo do tempo pode perder o conteúdo de matéria orgânica e fósforo orgânico e, desta forma, modificar a dinâmica do fósforo.

Como representado nas Figuras 5 e 9, os testemunhos MP, MS, MV1 e MV2 apresentam valores de fósforo orgânico e matéria orgânica com o mesmo comportamento em direção à profundidade. Isto não ocorre nos testemunhos PL, MD1 e MD2, sugerindo que a matéria orgânica e o fósforo orgânico são de origens diferentes.

Do testemunho MD1 aos testemunhos MS, MV1 e MV2 no sentido baía - continente, as percentagens de umidade se elevam (Figura 11; Tabela 1), provavelmente devido à retenção de umidade pela floresta localizada nos testemunhos MV1 e MV2.

Apesar do testemunho PL estar constantemente coberto pela água da Baía de Guanabara, os valores de umidade nos testemunhos MP, MS, MV1 e MV2 são maiores que

o valor médio de umidade encontrado no testemunho PL (Figura 11; Tabela 1). Estes resultados sugerem que a umidade está sendo armazenada pelo alto conteúdo de matéria orgânica nestes sedimentos. O que parece ser corroborado pelas fortes correlações positivas da percentagem de umidade com a matéria orgânica ($r= 0,87$ a $0,98$) para os testemunhos MP, MS, MV1 e MV2 e no testemunho PL esta correlação foi baixa e negativa ($r= -0,19$).

Como apresenta a Tabela 1, os valores médios de umidade no testemunho PL são maiores que os valores médios de umidade nos testemunhos MD1 e MD2. Isso provavelmente ocorre devido: (1) aos testemunhos MD1 e MD2 não terem cobertura vegetal. (2) as diferenças na granulometria e acumulação de matéria orgânica (3) ao testemunho PL está constantemente coberto pelas águas da baía.

Os testemunhos PL, MP, MS, MV1 e MV2 têm densidade aparente média em torno de $0,3 \text{ g/cm}^3$ e os testemunhos MD1 e MD2 em torno de $0,7$ e $0,4 \text{ g/cm}^3$, respectivamente (Tabela 1). Os altos valores médios de densidade nos testemunhos MD1 e MD2 estão de acordo com a baixa percentagem de umidade (MD1= 52 % e MD2= 53 %, valores médios) e com o baixo conteúdo de matéria orgânica (MD1= 20 % e MD2= 22 %, valores médios) (Figuras 9, 11 e 12; Tabela 1).

5. 2 COMPARAÇÃO COM OUTROS TRABALHOS REALIZADOS NA BAÍA DE GUANABARA

Apesar de existirem vários estudos sobre a contaminação em sedimentos na Baía de Guanabara, pouquíssimos estudos analisaram a disposição de fósforo nos sedimentos desta baía e nenhum estudo foi encontrado sobre fósforo no sedimento do manguezal, dificultando a avaliação da contaminação por este elemento na área de estudo.

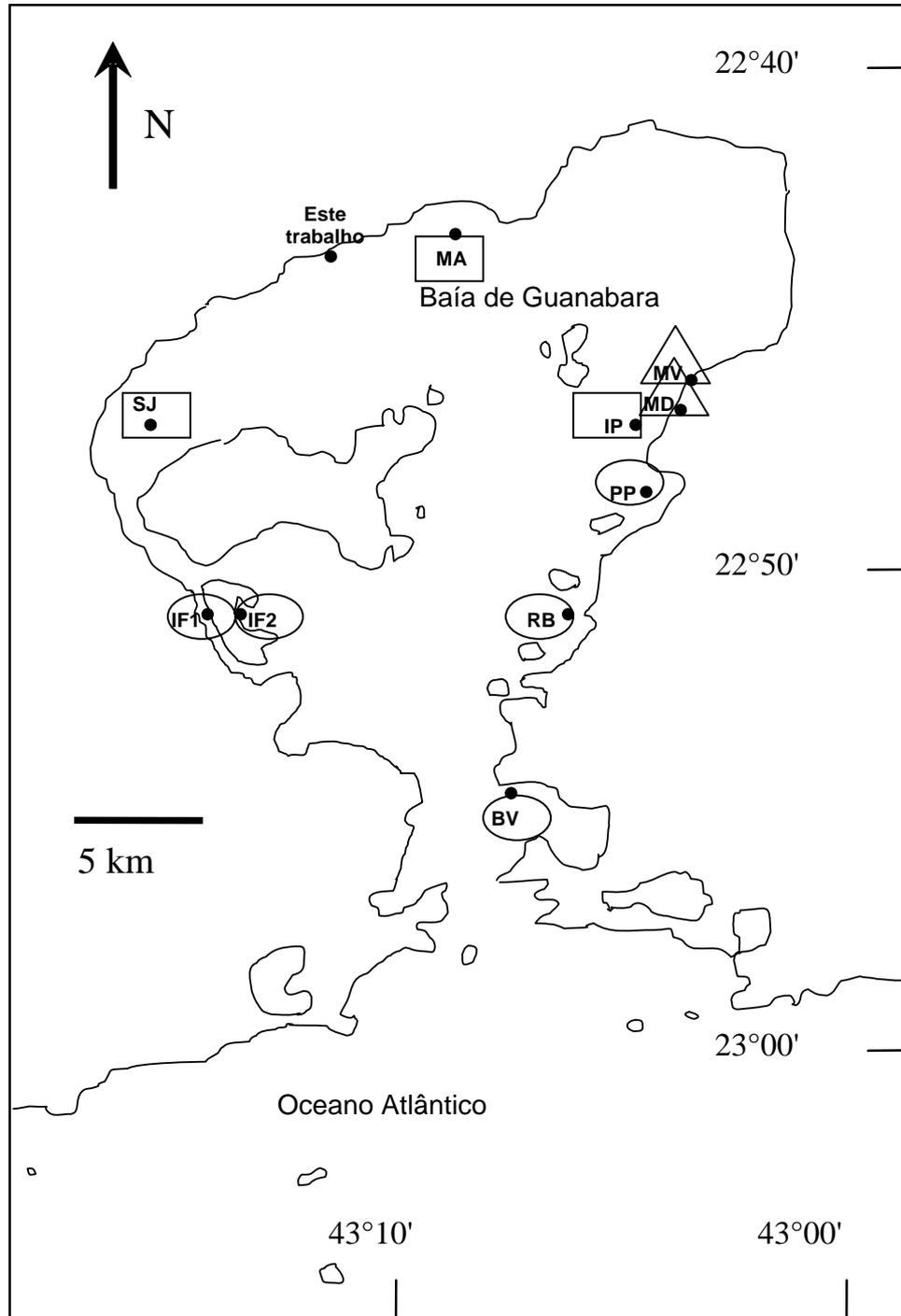
Souza (1991) analisou cinco testemunhos de 20 cm de profundidade na Baía de Guanabara, neste estudo (Tabela 2 e Figura 13), o ponto mais pobre em fósforo total foi o ponto PP com uma média de $85 \mu\text{g/g}$, seguindo pelo ponto BV ($153 \mu\text{g/g}$). O ponto RB apresenta valor médio de fósforo total elevados ($310 \mu\text{g/g}$) comparado com o ponto PP, o que pode estar indicando o aporte de efluentes domésticos provenientes do Rio Bomba. O ponto IF1 apresenta valor superficial mais elevado dos dados de Souza (1991) ($1620 \mu\text{g/g}$), por este ponto estar localizado em uma área contaminada por elevado aporte de esgoto, além de ser uma área de baixa circulação de água. Os valores de fósforo total nos testemunhos apresentados por Souza (1991) mostram um aumento com a superfície, concordando com os resultados do testemunho PL deste presente estudo. Isto indica a contaminação de fósforo total nas últimas décadas.

As camadas superficiais do ponto IF1 apresentado por Souza (1991), comparado com as camadas superficiais do ponto PL, apresentam valores próximos. O valor da camada superficial do testemunho IF2 está próximo ao valor da camada de 3 cm do testemunho PL e os demais testemunhos apresentados por Souza (1991) (BV, RB e PP) apresentam valores abaixo dos encontrados no testemunho PL. Levando em consideração a data do trabalho de Souza (1991), os pontos IF1 e IF2 já apresentavam elevados valores de fósforo total.

Tabela 2: Apresentação dos resultados de fósforo total $\mu\text{g/g}$ no sedimento da Baía de Guanabara do estudo de Souza, 1991.

Profundidade (cm)	ESTAÇÕES DE COLETA				
	IF1	IF2	BV	RB	PP
0- 5	1620	710	190	490	150
5- 10	630	160	100	270	50
10 -15	-	140	180	270	40
15- 20	-	130	140	210	100
Média	1125	285	153	310	85

Figura 13: Distribuição dos pontos já estudados do fósforo total no sedimento da Baía de Guanabara.



- FEMAR (1998)
- SOUZA (1991)
- PAES E LINS (1993)

Os resultados apresentados pela FEMAR (1998) são referentes a três testemunhos, sendo dois de 94 cm de profundidade e um de 120 cm de profundidade.

Neste estudo compilado pela FEMAR (1998), representado na Tabela 3 e na Figura 13, o ponto SJ (930 $\mu\text{g/g}$) demonstra ter valor médio de fósforo total mais elevado que os pontos MA (744 $\mu\text{g/g}$) e IP (699 $\mu\text{g/g}$), corroborando os resultados de Souza (1991) que também encontrou os valores de fósforo total mais elevados no oeste da Baía de Guanabara. Estes resultados sugerem que a origem do fósforo total seja de efluentes urbanos associado à baixa circulação de água nesta região (KJERFVE et al., 1997).

Tabela 3: Resultados de fósforo total ($\mu\text{g/g}$) compilados por FEMAR (1998), no sedimento da Baía de Guanabara.

Profundidade (cm)	ESTAÇÕES DE COLETA		
	SJ	MA	IP
0- 5	680	860	830
5 -10	810	680	760
10 -15	1130	450	800
15- 20	1330	890	600
20- 25	860	540	580
25- 30	960	1640	640
30- 40	1230	570	780
40- 50	760	640	680
84- 94	610	-	620
110- 120	-	430	-
média	930	744	699

O valor médio do ponto MA (744 $\mu\text{g/g}$) é mais elevado que o do ponto IP (699 $\mu\text{g/g}$). Isto ocorre provavelmente porque o ponto MA recebe esgoto de Mauá e o ponto IP já é uma área mais preservada. O valor médio do fósforo total do ponto MA da superfície até 25 cm é de 684 $\mu\text{g/g}$ e coincide com o valor médio do fósforo total no testemunho PL (657 $\mu\text{g/g}$, este trabalho), levando em consideração que: (1) as datas de coletas apresentam uma diferença de 11 anos; (2) o ponto MA (área mais urbanizada) recebe esgoto de Mauá com maior intensidade que o ponto PL (área menos urbanizada). Na data de coleta do testemunho PL o ponto MA deveria estar com valores de fósforo total mais elevados que o testemunho PL.

O ponto IP apresenta valor médio de fósforo total mais baixo se comparado com os pontos SJ e MA, provavelmente por ter maior circulação e renovação das águas.

O estudo realizado por Paes e Lins (1993) sobre o fósforo total em sedimentos foi feito em dois pontos diferentes, sendo um ponto num manguezal vivo (MV) e o outro ponto

num manguezal desmatado (MD) no oeste da Baía de Guanabara. O valor do fósforo total no MV foi na ordem de 500 $\mu\text{g/g}$ e no MD 200 $\mu\text{g/g}$ (Figura 13).

Comparando os resultados encontrados por Paes e Lins (1993) com os do presente estudo, na profundidade de 0-5 cm, o presente trabalho encontrou valores médios de fósforo total no mangue vivo na ordem de 283 $\mu\text{g/g}$ para o testemunho MV1 e 636 $\mu\text{g/g}$ para o testemunho MV2; no mangue desmatado, a média de fósforo total encontrada foi em torno de 1340 $\mu\text{g/g}$ para o testemunho MD1 e 1471 $\mu\text{g/g}$ para o testemunho MD2. Os resultados encontrados por Paes e Lins (1993) não concordam com o encontrado por este presente trabalho, no qual os valores de fósforo total no manguezal vivo são maiores que os valores de fósforo total no manguezal desmatado. Isto demonstra que é complicado comparar áreas que sofrem diferentes influências naturais e antrópicas.

Nesta dissertação, os valores de fósforo total na área desmatada são maiores que os de fósforo total da floresta viva, em virtude das altas concentrações do fósforo inorgânico que elevam os valores de fósforo total na área desmatada. Na floresta viva, a maior contribuição para o fósforo total é o fósforo orgânico proveniente da matéria orgânica e esta provavelmente oriunda da própria vegetação de mangue. Este aporte de fósforo orgânico não é suficiente para elevar os valores de fósforo total até a mesma ordem de grandeza dos números de fósforo total atingidos na área desmatada. Uma outra contribuição para a diminuição do fósforo total na área de floresta viva é a incorporação de fósforo inorgânico pela vegetação.

5. 3 DATAÇÃO DO SEDIMENTO DO PERFIL VERTICAL MD2 COM ^{210}Pb

5. 3. 1 Taxa de sedimentação do perfil vertical MD2

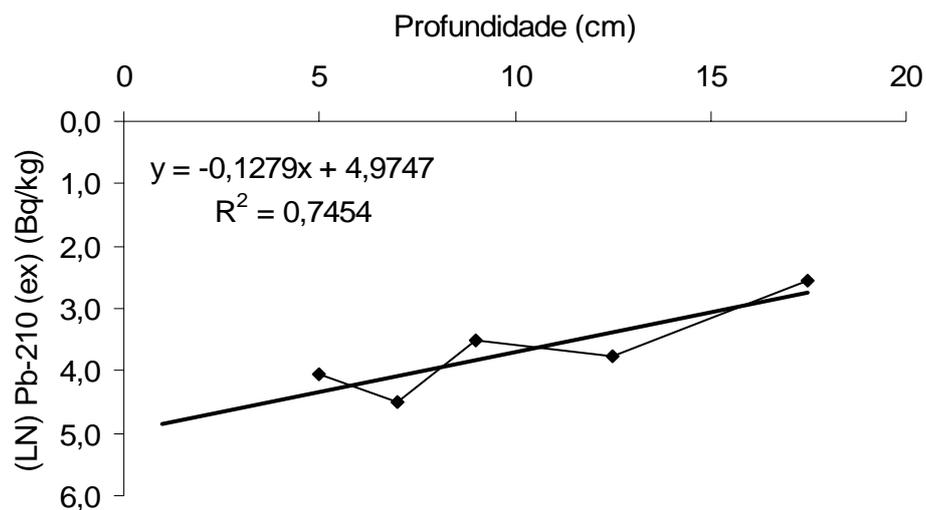
O ^{210}Pb tem sido usado para a determinação de taxas de sedimentação, necessárias para avaliar o histórico do aporte de contaminantes associado à ação antrópica (MASON et al., 2004).

Através da diferença entre as atividades do ^{210}Pb e ^{226}Ra , foi calculado o ^{210}Pb em excesso ($^{210}\text{Pb}_{\text{ex}}$), que vem da deposição atmosférica (Tabela 4). As atividades do $^{210}\text{Pb}_{\text{ex}}$, entre 4 a 20cm de profundidade foram ajustados de acordo com o método dos mínimos quadrados, apresentando uma inclinação consistente (Figura 14). Para verificar a taxa de sedimentação foi assumido que: a) o fluxo do $^{210}\text{Pb}_{\text{ex}}$ no sedimento é constante; b) a taxa de sedimentação é constante; c) a compactação foi corrigida pela porosidade; d) não é considerada perturbação física ou biológica. Desta forma, o método CIC foi aplicado ao modelo do $^{210}\text{Pb}_{\text{ex}}$, resultando numa taxa de sedimentação no ponto MD2 de 0, 24cm/ano.

Tabela 4: Perfil vertical do ^{210}Pb total e ^{226}Ra no sedimento do testemunho MD2.

Profundidade (cm)	Pb-210 (Bq/kg)	Ra-226 (Bq/kg)
1	115,39	41,42
3	103,73	34,06
5	96,36	39,36
7	134,60	44,17
9	66,18	32,81
12	69,43	26,86
17	39,90	27,16
22	<LD	<LD
27	18,06	20,68
32	<LD	<LD
37	33,80	26,04
42	<LD	<LD
47	36,25	21,67

Abaixo do limite de detecção (<LD)

Figura 14: Distribuição das atividades de LN ^{210}Pb (ex) em função da profundidade para o cálculo da sedimentação através do modelo CIC.

5. 3. 2 Taxa de sedimentação da Baía de Guanabara

Alguns trabalhos sobre taxas de sedimentação também foram realizados na Baía de Guanabara (Figura 15 e Tabela 5), como o trabalho de Amador (1980). Neste trabalho ele mostra que no período de 1849/1922 na região à montante da Ilha do Governador e Paquetá (P1); entre as pontas do Calabouço e Gragoatá (P2); entre a ponta de Copacabana e Itaipu (P3), comparado com o período de 1938/1962 nos mesmos pontos, houve um aumento da taxa de sedimentação em 3,2 vezes, demonstrando um significativo aumento no assoreamento da Baía de Guanabara entre estas datas.

Tabela 5: Apresentação da Taxa de sedimentação da Baía de Guanabara dos pontos P1, P2 e P3 nas datas de 1849/1922 e 1938/1962 extraído do trabalho de Amador (1980) com objetivo de comparação com os resultados deste presente trabalho.

ANO	LOCALIZAÇÃO	TAXA DE SEDIMENTAÇÃO (cm/ano)
1849/1922	P1	0,27
	P2	0,24
	P3	0,23
1938/1962	P1	0,87
	P2	0,78
	P3	0,75

Godoy et al. (1998) também realizaram estimativa sobre as taxas de sedimentação na Baía de Guanabara no noroeste da Ilha do Governador próximo ao rio Iguaçu (P4); ao rio Estrela (P5); a Guapimirim (P6); à Praia das Pedrinhas (P7) e ao rio Imbuçu (P8), como apresentado na Figura 15 e Tabela 6. Este trabalho apresentado por Godoy et al. (1998) demonstra que, nas épocas mais recentes dos testemunhos (superfície), a taxa de sedimentação aumentou em uma ordem de grandeza.

Tabela 6: Apresentação da taxa de sedimentação da Baía de Guanabara dos pontos P4, P5, P6, P7 e P8 extraído do trabalho de Godoy (1998) com objetivo de comparação com os resultados deste presente trabalho.

LOCALIZAÇÃO	PROFUNDIDADE	TAXA DE SEDIMENTAÇÃO (cm/ano)
P4	0 - 15	2,2
	15 - 30	0,57
	30 - 45	0,24
P5	0 - 43	1,3
	43 - 53	0,12
P6	0 - 39	0,86
	39-54	0,19
P7	0- 21	1,5
	21-36	0,50
	36 - 48	0,26
P8	0 - 15	2,2
	15-33	0,65
	33 - 45	0,17

O trabalho de Wilken et al. (1986) sobre taxa de sedimentação na Baía de Guanabara demonstrou uma taxa de sedimentação de 2 cm/ano no noroeste desta baía (ponto não demarcado na figura).

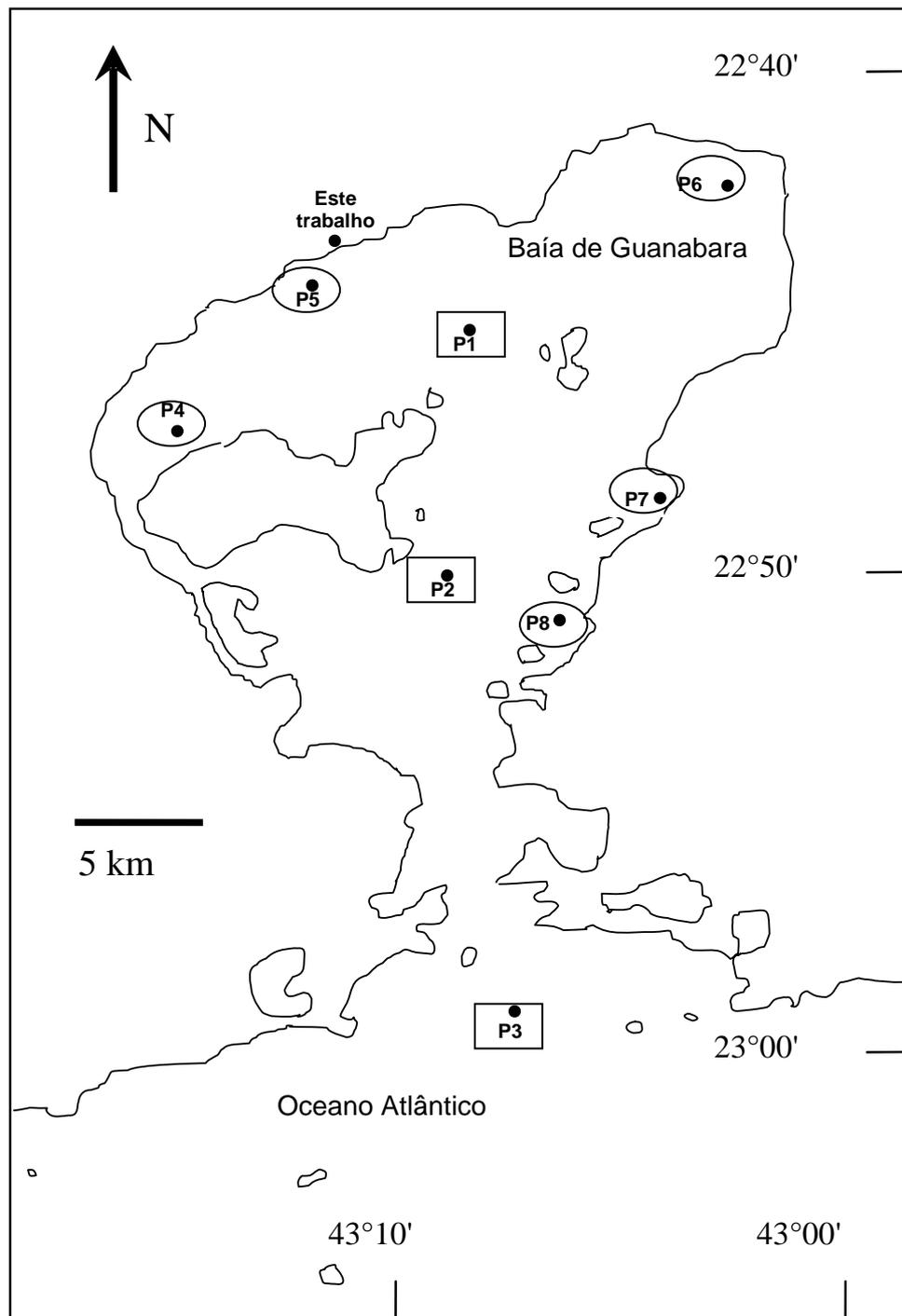
Os trabalhos realizados por Amador (1980), Godoy et al. (1998) e Wilken et al. (1986) demonstram que a taxa de sedimentação dentro da Baía de Guanabara é mais elevada que a taxa de sedimentação no manguezal deste presente estudo.

Segundo Woodruffe (2002) apud Alongi et al. (2005), a taxa de sedimentação diminui do manguezal em direção ao continente. Isto concorda com a taxa de sedimentação dentro da Baía de Guanabara ser maior que no sedimento do manguezal deste presente trabalho, porque dentro da Baía o transporte de sedimento é constante e, no manguezal, a maré transporta o sedimento periodicamente obedecendo ao regime de maré. No sentido da baía para o continente, a água da maré que transporta o sedimento gradativamente perde a sua força e desta forma as partículas sedimentares tendem a se depositar ao longo deste caminho.

Um fato importante a ser considerado é que foram encontrados trabalhos sobre taxas de sedimentação dentro da Baía de Guanabara, mas não foi encontrado nenhum trabalho sobre taxas de sedimentação nos manguezais da baía. Também existe uma falta de

informação sobre a possibilidade de que a degradação dos manguezais possa contribuir para o aumento no aporte de sedimento para a Baía de Guanabara.

Figura 15: Distribuição dos pontos onde as taxas de sedimentação da Baía de Guanabara foram estimadas pelos trabalhos de Amador (1980), Godoy et al. (1998) e o presente trabalho.



□ AMADOR (1980)

○ GODOY (1998)

5. 3. 3 Fluxo de fósforo no sedimento do perfil vertical MD2

Em relação ao testemunho MD2, as concentrações de fósforo inorgânico da base do testemunho em direção à superfície na altura de 32,5 cm, conforme datado entre 1807 até 1870 (Figura 16 A). O fósforo inorgânico nestas profundidades apresenta baixas concentrações e as percentagens de fósforo inorgânico estão entre 49% e 42%, enquanto que as percentagens de fósforo orgânico estão entre 51% e 58%, demonstrando uma proximidade, sugerindo que o ambiente não estava contaminado (Figura 17 e 18).

Figura 16: Perfil vertical das concentrações do fósforo total (PT) (A), fósforo inorgânico (PI) (A) e fósforo orgânico (PO) (B) no perfil MD2.

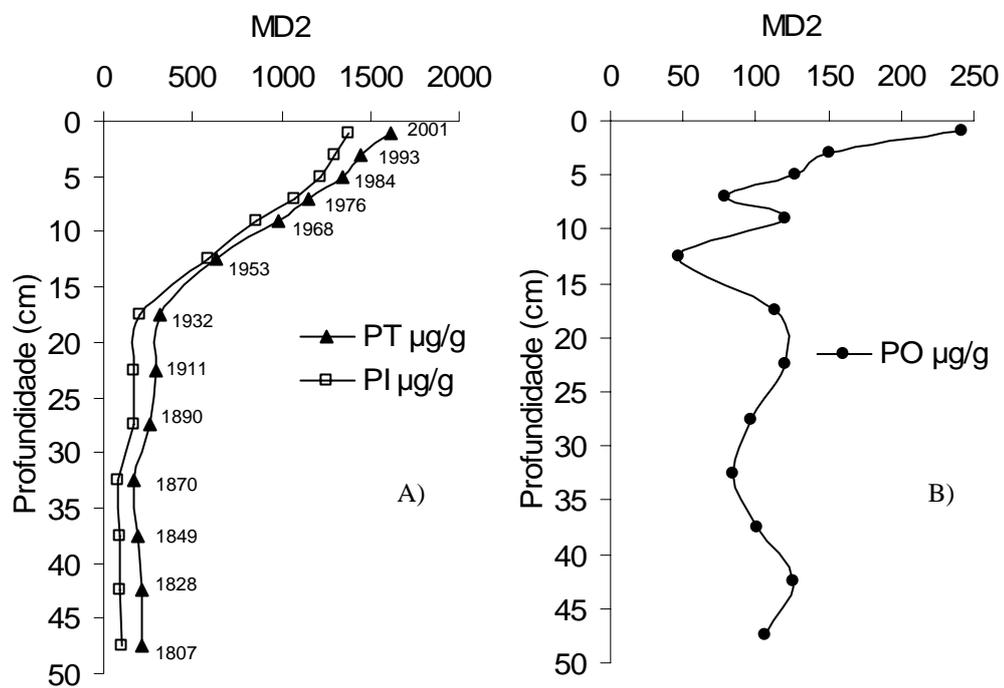
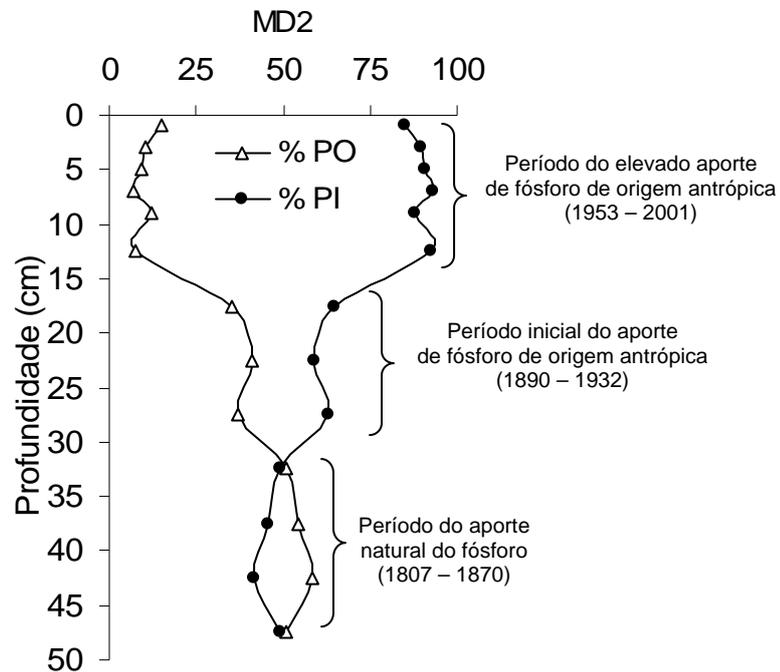


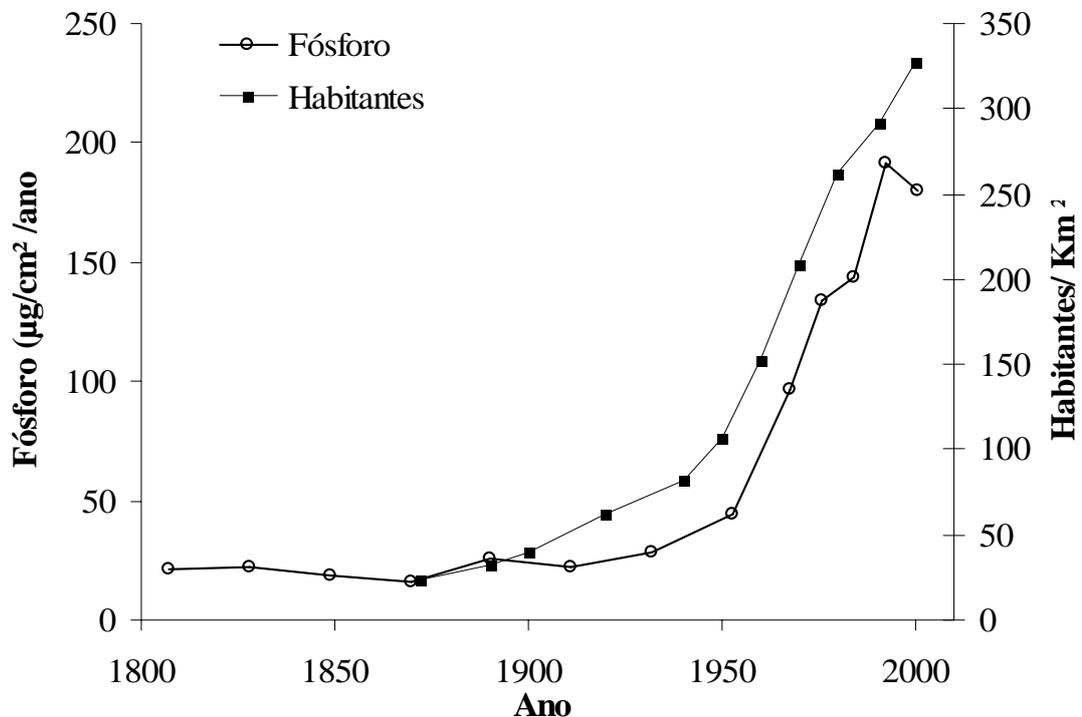
Figura 17: Distribuição vertical das percentagens de fósforo orgânico (PO) e fósforo inorgânico (PI) no sedimento do perfil MD2.



Na profundidade entre 27,5 cm e 17,5 cm (Figura 16 A, 17, 18) onde as datações correspondem a período entre 1890 a 1932, ocorre um ligeiro aumento no fósforo inorgânico e as percentagens de fósforo inorgânico estão entre 63% a 58 %, ao passo que as percentagens de fósforo orgânico estão entre 37% a 41 %, demonstrando um leve aumento das percentagens de fósforo inorgânico em relação às percentagens de fósforo orgânico, sugerindo um período inicial do aporte de efluentes urbanos lançados na Baía de Guanabara, provavelmente devido a um maior crescimento populacional.

No intervalo de 12 cm profundidade até à superfície (Figura 16 A, 17, 18), a datação correspondente ao período entre 1953 e 2001, foi demonstrado um abrupto crescimento do fósforo inorgânico com a proximidade da superfície e as percentagens de fósforo inorgânico estão entre 93 a 85 %, sugerindo um abrupto aumento dos efluentes urbanos em consequência do acelerado crescimento populacional urbano.

Figura 18: Distribuição do fluxo de fósforo do testemunho MD2 no sedimento do manguezal de Mauá e densidade demográfica do Estado do Rio de Janeiro de 1872 / 2000 (IBGE, 2000).



5. 3. 3. 1 Fator de enriquecimento do fósforo no sedimento do manguezal em Mauá

No testemunho MD2 representado pela Figura 16 A, nas profundidades entre 47 a 32 cm (correspondentes ao período de 1807 a 1870), ocorrem valores médios de fósforo total igual a 195 µg/g e de fósforo inorgânico a 90 µg/g. Nas profundidades de 27 a 17 cm (correspondentes ao período de 1890 a 1932), ocorrem valores médios de fósforo total igual a 291 µg/g e fósforo inorgânico a 181 µg/g. Nas profundidades de 12 cm até a superfície (que corresponde ao período de 1953 a 2001), ocorrem valores médios de fósforo total igual a 1196 µg/g e de fósforo inorgânico a 1069 µg/g.

Pode-se considerar que os valores médios de fósforo total (195 µg/g) e fósforo inorgânico (90 µg/g) do período de 1807 a 1870 representam os valores naturais da área de estudo, pois nesta época não havia uma considerável influência antrópica. Uma vez obtendo os valores de fósforo naturais da área, pode-se então obter os fatores de enriquecimento para todos os testemunhos deste trabalho, como está apresentado na Tabela 7.

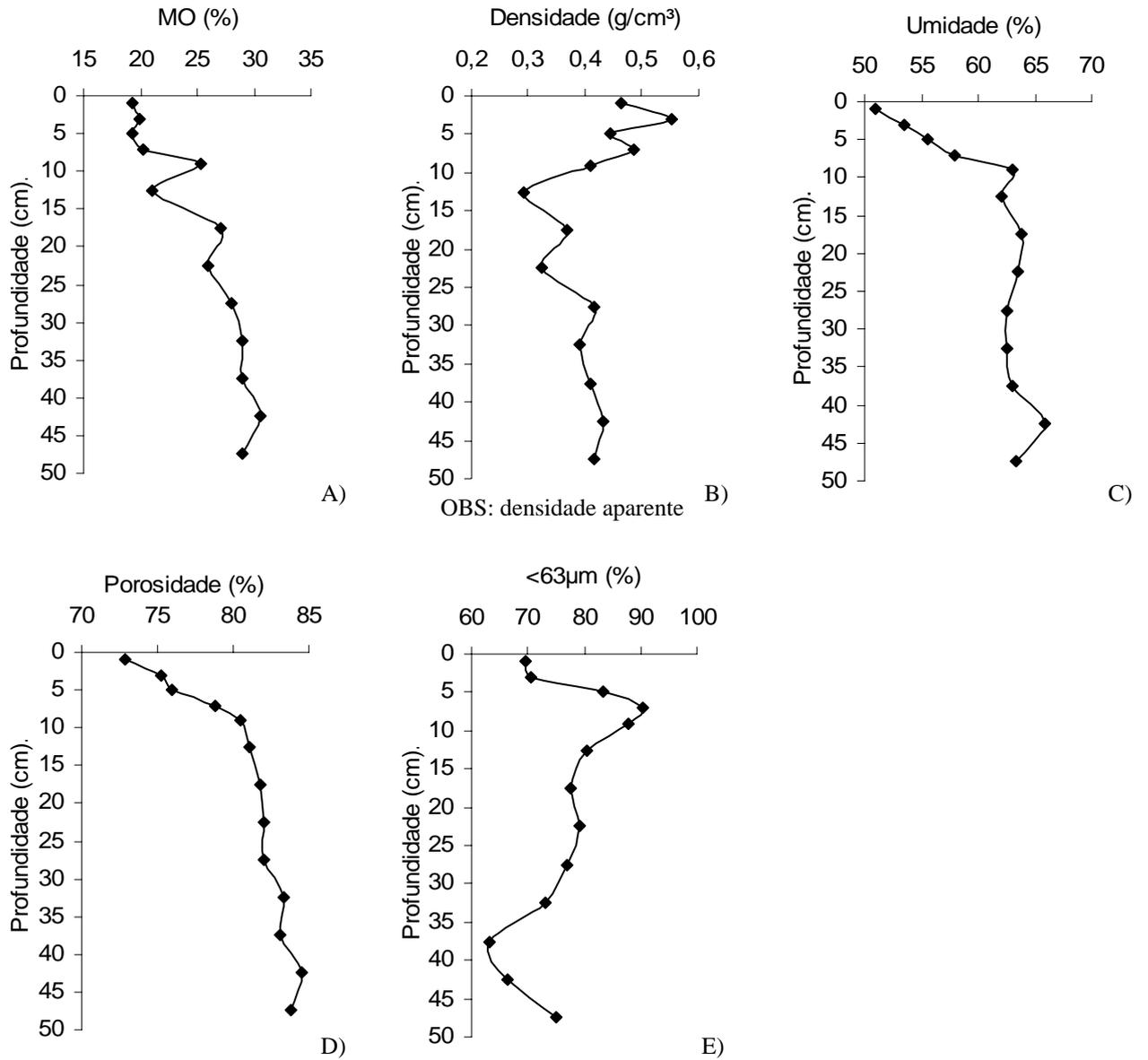
Tabela 7: Valores de enriquecimento do fósforo total (PT) e fósforo inorgânico (PI) nos testemunhos PL, MD1, MD2, MP, MS, MV1 e MV2 do manguezal de Mauá.

	ANO	PROFUNDIDADE (cm)	TESTEMUNHOS						
			PL	MD1	MD2	MP	MS	MV1	MV2
PT	2001-1953	1-12	727	1590	1192	566	503	283	655
	1870-1807	32-47	195	195	195	195	195	195	195
	Fator de enriquecimento			4	8	6	3	2	1
PI	2001-1953	1-12	621	1554	1069	240	132	24	103
	1870-1807	32-47	90	90	90	90	90	90	90
	Fator de enriquecimento			79	17	12	3	1	0,2

Em relação ao fósforo orgânico do testemunho MD2 (Figura 16 B), da base do testemunho até 7 cm, o fósforo orgânico demonstra oscilações semelhantes com a da matéria orgânica, provavelmente refletindo a presença da floresta de manguezal que existia. Na profundidade de 5 cm até a superfície deste testemunho a matéria orgânica apresenta uma tendência de diminuir com a superfície, (Figura 19 A), enquanto o fósforo orgânico aumenta com a superfície, sugerindo o aumento do aporte de efluentes orgânicos de origem antrópica (Figura 16 B).

Os resultados das características físicas mostradas na Figura 19 indicam que a variabilidade na distribuição do fósforo inorgânico e do fósforo total não demonstrou estar sendo determinada pela variabilidade da composição física do sedimento. Isto reforça a indicação de que a distribuição do fósforo inorgânico foi diretamente afetado pelo aporte antrópico, embora a matéria orgânica pareça influenciar na distribuição do fósforo orgânico abaixo de 7cm.

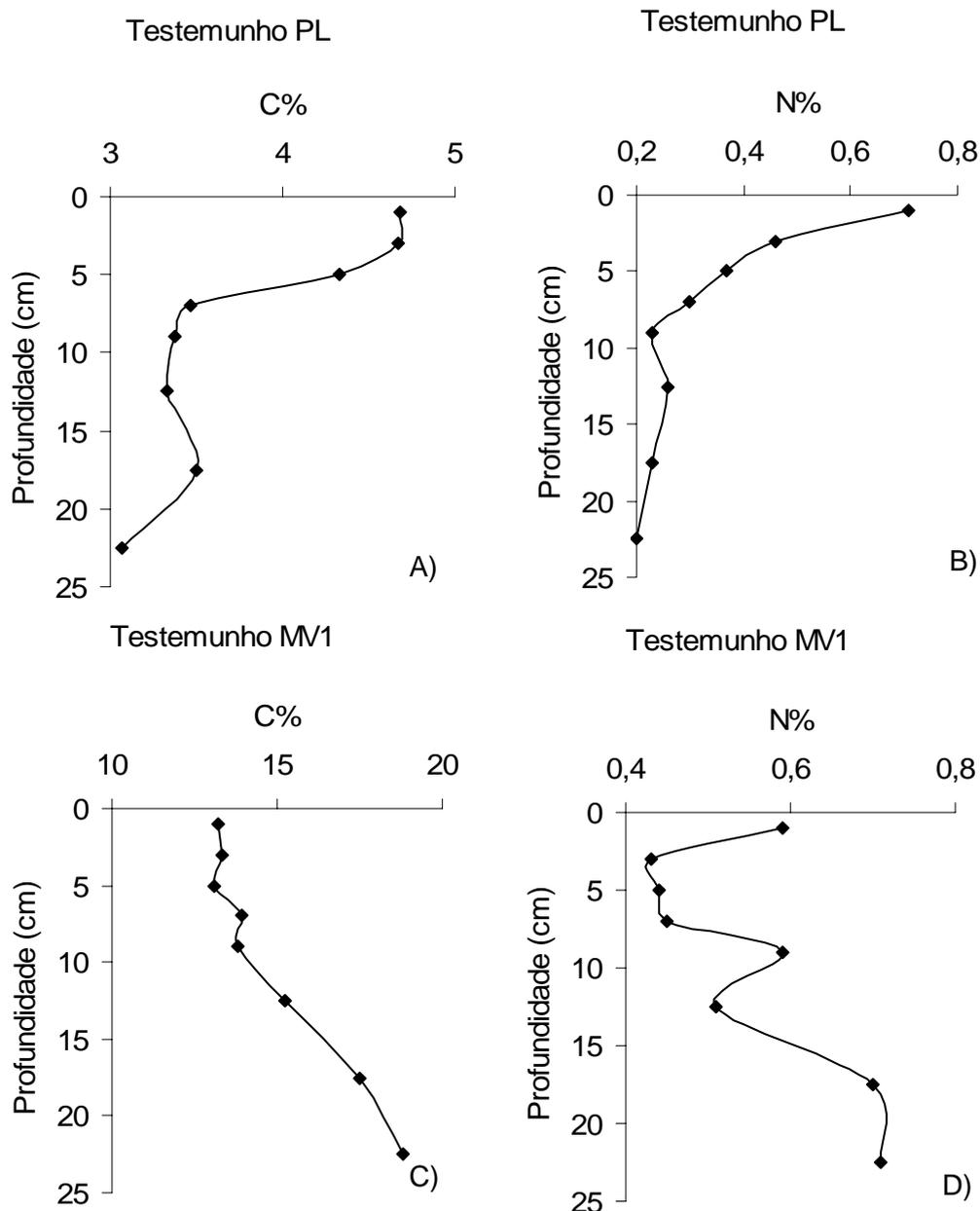
Figura 19: Características físicas do perfil vertical do testemunho MD2 em Mauá.

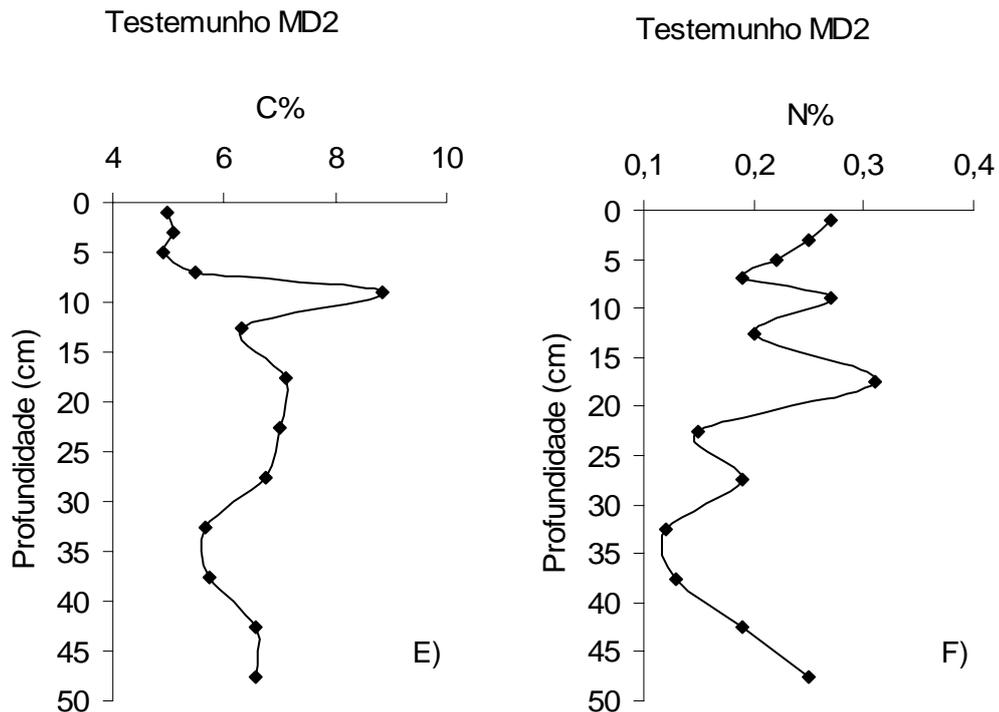


5. 4 RAZÃO C/N NO SEDIMENTO DO MANGUEZAL DE MAUÁ

Para a realização da razão C/N foi obtido o carbono orgânico e o nitrogênio total dos testemunhos PL, MV1 e MD2 (Figura 20). No testemunho PL, o carbono orgânico e o nitrogênio total têm uma tendência de diminuir com a profundidade variando entre 3,0% e 4,6% o carbônico orgânico e 0,2% e 0,7% o nitrogênio total. No testemunho MV1, o carbono orgânico e o nitrogênio total têm uma tendência de aumentar com a profundidade variando entre 13,2% e 18,7% o carbônico orgânico e 0,4% e 0,7% o nitrogênio total. No testemunho MD2, o carbono orgânico varia entre 4,8% e 8,8% e o nitrogênio total varia entre 0,12% e 0,31% (Figura 20).

Figura 20: Carbono orgânico e nitrogênio total no perfil vertical do sedimento do manguezal em Mauá, apresentado em A e B o testemunho PL, B e C o testemunho MV1 e E e F o testemunho MD2.



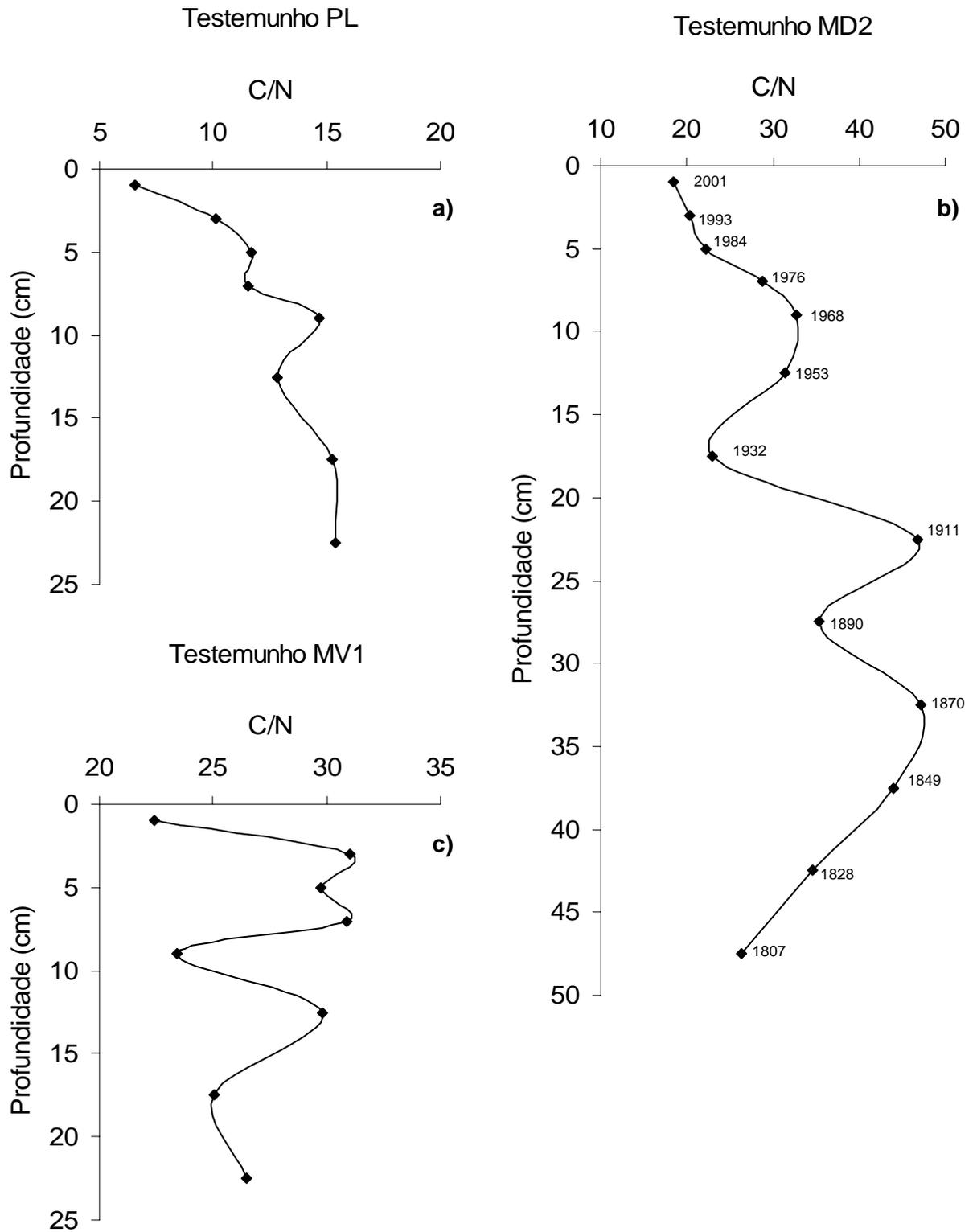


Os valores da relação C/N são importantes no estudo da origem da matéria orgânica. Valores entre 4 e 10 indicam que a matéria orgânica depositada no sedimento é proveniente de plantas não vascularizadas (particularmente as algas), que desenvolvem em seus tecidos maiores percentagens de nitrogênio na forma de proteínas e menores percentagens de carbono para a formação de celulose, indicando que a matéria orgânica é de origem marinha (MEYERS,1993; 1994).

Quando a razão C/N está aproximada ou superior a 20, a matéria orgânica depositada no sedimento é proveniente de plantas vasculares (como as plantas terrestres), que contêm maiores percentagens de carbono e menores percentagens de nitrogênio, por causa do desenvolvimento de tecidos ricos em longas cadeias de carbono (como celulose) e relativamente pobres em proteínas (MEYERS,1993; 1994).

A partir da base teórica acima, foram feitas razões C/N nos pontos PL, MD2 e MV1, para avaliar a qualidade da matéria orgânica, testando a hipótese de que o testemunho PL é uma planície de lama onde não havia vegetação de manguezal, testemunho MD2 havia vegetação de manguezal e o testemunho MV1 representava sedimentos em um manguezal vivo.

Figura 21: Razão C/N no perfil vertical do sedimento do manguezal de Mauá



O testemunho PL localizado no extremo do transect no sentido da baía apresentou valores de razão C/N médios = 12, mínimo= 7 e máximo= 15 (Tabela 8). Na superfície do perfil sedimentar do ponto PL (Figura 21 a), nas profundidades entre 1 a 3 cm, ocorreram valores de C/N entre 7 e 10, demonstrando que a origem da matéria orgânica depositada no sedimento nestas respectivas profundidades são provenientes de ambientes marinhos. Entre as profundidades de 5 e 22 cm a razão C/N apresenta valores entre 12 e 15, demonstrando ser uma zona de mistura entre matéria orgânica de origem terrestre e marinha.

Esses resultados demonstram que nos anos anteriores ao ano de 1984 (5 cm de profundidade), o sedimento recebia elevados aportes de matéria orgânica proveniente da vegetação terrestre que provavelmente poderia ser matéria orgânica proveniente do manguezal que existia no local dos testemunhos MD1 e MD2. Nos anos mais recentes a 1984 (acima de 5 cm de profundidade), o sedimento apresentou resultados de matéria orgânica de origem marinha. Estes resultados sugerem que a partir do ano de 1984 a exportação de matéria orgânica do manguezal original para o ponto PL foi drasticamente reduzida refletindo, deste modo, a degradação da vegetação.

Tabela 8: Valores médios, máximos e mínimos da razão C/N encontrados no perfil do sedimento do manguezal de Mauá .

Razão		TESTEMUNHOS		
		PL	MD2	MV1
C/N	<i>mínimo</i>	7	18	22
	<i>média</i>	12	32	27
	<i>máximo</i>	15	47	31

O testemunho MD2 (Figura 21b), localizado na metade do transect, apresentou valores de razão C/N médio igual a 32, mínimo igual a 18 e máximo igual a 47 (Tabela 8), demonstrando ser um perfil sedimentar com matéria orgânica proveniente de vegetação terrestre. A razão C/N aumenta com a profundidade, sendo que da superfície deste testemunho até a profundidade de 17 cm a razão C/N varia entre 18 e 33, enquanto abaixo destas profundidades a razão C/N varia entre 26 e 47. Isto indica que a matéria orgânica é pobre em nitrogênio.

No testemunho MV1 (Figura 21 c; Tabela 8) a razão C/N apresenta valor médio igual a 27, mínimo a 22 e máximo a 31, demonstrando que a matéria orgânica é de origem terrestre, concordando com os valores encontrados entre 5 a 20 cm de profundidade do testemunho MD2.

6 CONCLUSÃO

Devido ao abrupto aumento nas últimas décadas do aporte de fósforo inorgânico para os sedimentos estudados (derivado dos efluentes domésticos) e à intensa degradação da vegetação de manguezal destes ambientes, o fósforo inorgânico tem ficado retido no sedimento em elevadas concentrações. Isto evidencia que a degradação da vegetação pode alterar a forma de armazenamento de fósforo no sedimento. Desta forma, em áreas de vegetação degradada, o sedimento apresenta uma importante eficiência em reter o fósforo inorgânico. Por outro lado, o baixo conteúdo de matéria orgânica em sedimentos com vegetação degradada coincide com as menores percentagens de fósforo orgânico. Desta forma podemos considerar que a remoção da vegetação de manguezal pode causar fortes mudanças no aporte e na natureza da matéria orgânica nestes ambientes e alterar a dinâmica do fósforo orgânico e inorgânico.

Em ambientes com vegetação de manguezal viva, o sedimento apresenta maior conteúdo de fósforo orgânico e menor conteúdo de fósforo inorgânico. Isto ocorre provavelmente por causa da incorporação do fósforo inorgânico pela vegetação e produção de fósforo orgânico pela mesma.

Depois de ocorrida uma degradação da vegetação de mangue, quanto maior o tempo de exposição do sedimento sem cobertura vegetal, maior o favorecimento de mudanças no comportamento e na estocagem do fósforo inorgânico e fósforo orgânico, alterando a ciclagem natural do fósforo nestes ambientes.

A comparação com outros estudos na Baía de Guanabara mostrou que a área degradada estudada apresenta concentrações de fósforo total próximas das encontradas dentro da baía. Os dados deste estudo e de estudos anteriores mostram um quadro crescente de contaminação ao longo das últimas décadas, em relação ao fósforo.

O fluxo do fósforo mostra que a partir da década de 1950 houve um abrupto aumento de fósforo inorgânico no sedimento do manguezal, que coincidentemente acompanha o crescimento da densidade demográfica da população do Rio de Janeiro, evidenciando que a maior quantidade de fósforo inorgânico é de origem antrópica. Este histórico da

contaminação da área de estudo demonstra o papel do sedimento como um importante reservatório de fósforo.

As imagens de satélite mostraram claramente o avanço da degradação sobre a vegetação de manguezal ocorrido nas últimas três décadas. Os resultados encontrados na razão C/N mostram que no ponto MD2 havia vegetação de manguezal, refletindo o processo de degradação mostrado nas imagens.

7 REFERÊNCIAS

- ALONGI, D. M.; PFITZNER, J.; TROTT, L. A; TIRENDI, F.; DIXON P.; KLUMPP, D. W. Rapid sediment accumulation and microbial mineralization in forests of the mangrove *Kandelia candel* in the Jiulongjiang Estuary, China, *Estuarine, Coastal and Shelf Scienc* v. 63, p. 605 – 618 , 2005.
- ALONGI, D. M.; BOTO, K. G. ; ROBERTSON, A. I. Nitrogen and phosphorus cycles. Robertson A. I. and Alongi D. M. *Tropical Mangrove ecosystems*, American Geophysical Union, p. 251-291, 1992.
- AMADOR, E. S. Assoreamento da Baía de Guanabara – Taxas de sedimentação, *An. Acad. Brasil. Ciênc.*, v. 52 , p. 722- 742, 1980.
- AMADOR, E. S. Baía da Guanabara e Ecossistemas Periféricos. *Homem e Natureza*. RJ, p. 539, 1997.
- ANSCHUTZ, P.; ZHONG, S.; SUNDBY, B.; MUCCI, A.; GOBEIL, C. Burial efficiency of phosphorus and iron geochemistry in continental margin sediments. *Limnol. Oceanogr.*, 43: p.53-64. 1998.
- APPLEBY, P. G.; OLDFIELD, F. Application of lead-210 to sedimentation studies. In: IVANOVICH; HARMON. *Uranium Series Disequilibrium: Application to Earth, Marine and Environmental Science*. London: Oxford Science Publication, p. 731- 783, 1992.
- ARAUJO, D. S. D; MACIEL, N. C. Os manguezais do recôncavo da Baía de Guanabara; Rio de Janeiro- RJ: FEEMA, 1979, 195 p. (série técnica 79).
- ASPILA, K. I.; AGEMIAN, H.; CHAU, A. S. Y. A semi-automated method for the determination of inorganic, organic and total phosphate in sediments. *Analyst*, v.101,187-197, 1976.
- ATLAS, R. M; BARTHA, R. *Microbial Ecology, fundamentals and applications*, third edition. 1993, p.563.
- BERNER, E. K. ; BERNER R. A. *Global environment water, air e geochemical cycles*, Library of Congress-in Publication data, , 1996. 376 p.
- BOTO, K. G. Nutrients and mangroves. In: Connell, D. W.; Hawker, D. W. (eds), *Pollution in Tropical Aquatic Systems*. CRC Press, London: p.129-145, 1992.

- CHRISTENSEN K. K.; WIGAND C. Formation of root plaques and their influence on tissue phosphorus content in *Lobelia dortmanna*, Aquatic Botany p. 111-112, 1998
- CINTRON-MOLERO, G. Retoring mangrove systems In: GORDON W. THAYER, Restoring the nation`s. Marine environment, p. 225-277, 1992.
- CUTSHALL, N. H.; LARSEN, I. L.; OLSEN. C. R. Nucl. Instrum. Methods, 206: p. 309-312, 1982.
- ESTEVEES, F. A. Fundamentos de limnologia / Francisco de Assis Esteves. 2ª ed. Rio de Janeiro: Interciência , 1998. 601 p.
- FEMAR. Uma avaliação da qualidade das águas costeiras do estado do Rio de Janeiro. 1998, 261p.
- GODOY, J. M.; MOREIRA, I; BRANGANÇA, M. J.; WANDERLEY, C.; MENDES L. B. A study of Guanabara Bay sedimentation rates. Journal of radioanalytical and nuclear Chemistry. vol. 227, p.157-160, 1998.
- GRASSHOFF, K.; EHRHARDT, M.; KREMLING, K. Methods of seawater analysis. Verlag Chemie, 1983, 419 p.
- HAKANSON, L. JANSSON, M. Principle de lake sedimentology, Berlin: Springer, 1983. 316 p.
- HOLMBOE, N.; KRISTENSEN, E.; ANDERSEN, F. Anoxic decomposition in sediments from a tropical mangrove forest and the temperate Wadden Sea: Implications for N and P addition experiments. Est. Coastal Shelf. Sci., v. 53, p.125-140, 2001.
- HOLMER, M. Mangroves in Soaty – East Ásia In: Biogeochemistry in marine systems Eds: Black, K. D. and Sheffield,Shimmield England 2003, 39 p.
- IBGE. Densidade demográfica nos censos demográfico de 1872 a 200 segundo as grandes regiões e as unidade da federação, 2000.
- JAHNKE, R. A. O ciclo do fósforo. In: Butcher, S. S.; Charlson, R. J.; Orians, G. H.; Wolfe, G. V Global Biogeochemical Cycles. Academic press, 1992. p.301- 313.
- JIN, X.; WANG, S.; PANG, Y.; WU, F. Phosphorus fractions and the effect of pH on the phosphorus release of the sediments from different trophic areas in Taihu Lake, China. Enviromental pollution, 2005, 7p.
- KJERFVE B.; LACERDA L. D. Mangroves of Brazil. In Lacerda, Luiz Drude de (coord) Technical report of the project Conservation and Sustainable Utilization of mangrove forest in Latin America and Africa regions: part I: Latin American Okinawa: ISME; ITTO; , 1993 p. 245-272.
- KJERFVE, B.; RIBEIRO, C. H. A.; DIAS, G. T. M.; FILIPPO, A. M.; QUARESMA, V. S. Oceanographic characteristics of an impacted coastal bay: Baía de Guanabara, Rio de Janeiro, Brazil. Cont. Shelf Res., v.17: p.1609-1643, 1997.
- LACERDA, L. D. Manguezais florestas de beira-mar. Ciência Hoje, vol. 3, nº 13, p. 63-70, 1984.

LACERDA, L. D.; CARVALHO, C. E. V.; TANIZAKI K. F.; OVALLE A. R. C.; REZENDE C. E. The Biogeochemistry and trace metals distribution of mangrove rhizospheres. *biotropica* 25 (3) : p. 252-257, 1993.

LACERDA, L. D. Trace Metals Biogeochemistry and diffuse Pollution in Mangrove Ecosystems. Niteroi, UFF. Departamento de Geoquímica, 1998, 67 p. (ISME Mangrove Ecosystems Occasional Papers Nº. 2)

LEGG; BLACK. Determination of organic Phosphorus in soil: II Ignition method. *Soil science Society Proceedings*, 1955. p 139-143.

MACHADO, W.; GUEIROS, B.; LISBOA-FILHO, S.; LACERDA, D. Trace metals in mangrove seedlings: role of iron plaque formation. *Wetlands Ecology and Management* v.13: p.199-206, 2005.

MARQUES, J. A. N.; MORAES, R. B. C. M.; MAURAT, M. C. In Pereira, Renato Crespo; Gomes, Abílio Soares *Biologia Marinha*. Rio de Janeiro: Interciência, 2002 cap. 14, 382 p.

MASON, R. P.; KIM, E. H.; CORNWELL, J. Metal accumulation in Baltimore Harbor; Current and Past Inputs. *Applied Geochemistry*, v. 19, p. 1801- 1825, 2004.

MEYRS, P. A. Lacustrine organic geochemistry-an overview of indicators of organic matter sources and diagenesis in lake sediments. *R.; Org. Geochem.* V. 20. Nº 7. p. 867-900, 1993.

MEYRS, P. A. Preservation of source identification of sedimentary organic matter during and after deposition. *Chemical Geology*, 144, p. 289-302, 1994.

MIDDELBURG, J.; NIEUWENHUIZE, J., SLIM, F.; OHOWA, B. Sediment biogeochemistry in an East African mangrove forest (Gazi Bay, Kenya). *Biogeochemistry* v.34: p. 133- 155, 1996.

MOORE, W. S. Radium Isotope Measurements using Germanium detectors. *Nuclear Instruments and Methods*, v. 223, p. 407- 411, 1984.

ODUM, W. E.; MC IVOR, C. C.; SMITH, T. J. The ecology of mangrove of south Florida: a community profile. U. S. Fish and Wildlife service, office of biological services Washington, D. C. FWS/ OBS- 81/24. 1982, 144 p.

PAES, J.E; LINS, P. C. Impact of deforestation on C, N, P concentration and heavy metals, in sediments from mangroves of the Guanabara Bay, Brazil. In: *International Symposium on Perspectives for environmental geochemistry in tropical countries*, Rio de Janeiro, 1993, p. 287-289.

RAVICHANDRAN, M.; BASKARAN, M; SANTSHI, P; Bianchi, T. Geochronology of sediments in the Sabine- Neches estuary, Texas U. S. A. *Chemical Geology*, n. 125, p.291-306, 1995.

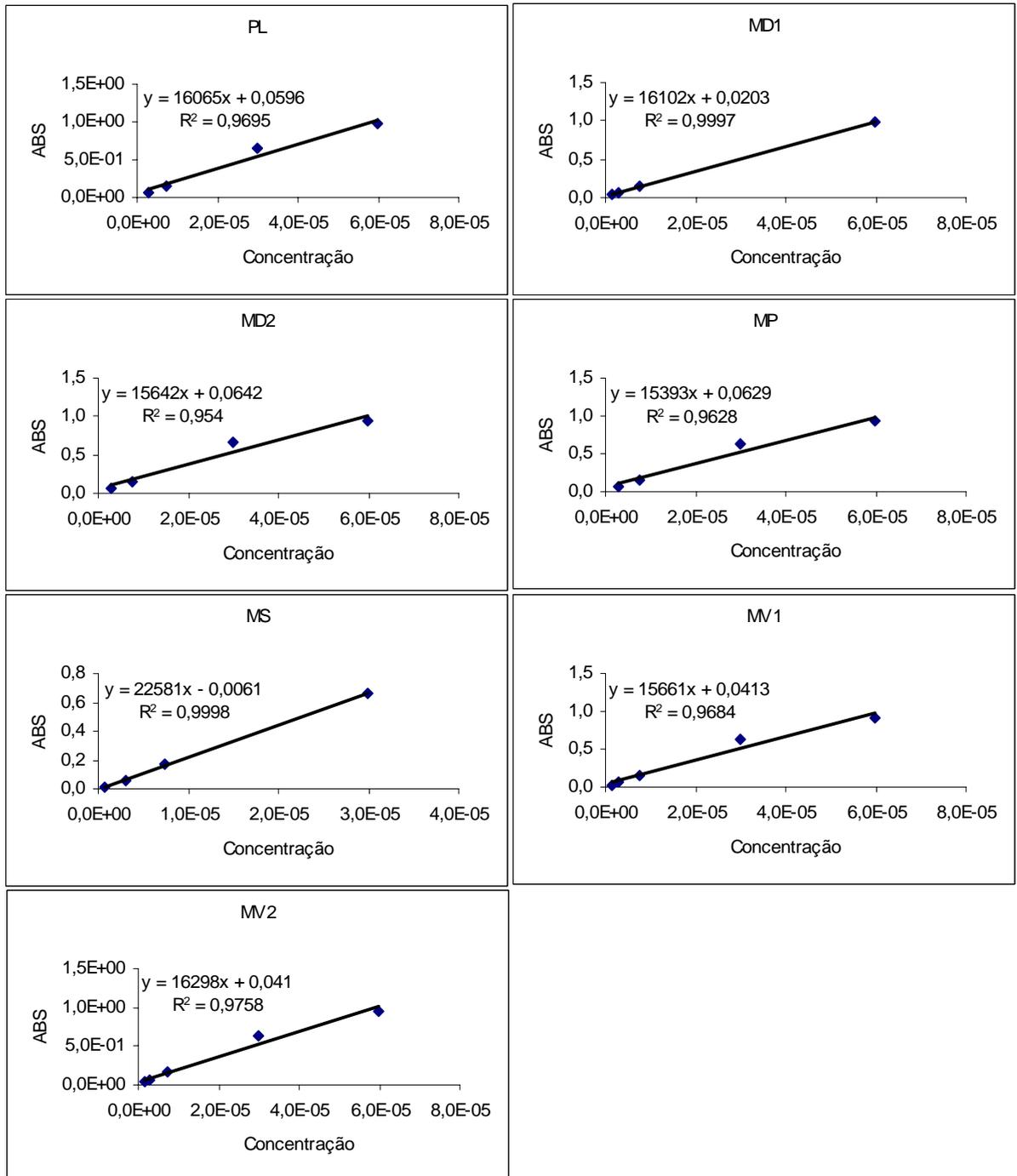
RUTTENBERG, K.C. The Global Phosphorus Cycle. In: HOLLAND, H. D. TUREKIAN, K.K. *Treatise on Geochemistry*, local: Elsevier publishers, 2003, v. 8, p. 583-643.

SCHAEFFER-NOVELLI, Y.; CINTRÓN-MOLERO, G.; SOARES, M. L. G.; DE-ROSA, T., *Brasílian mangroves, Aquatic Ecosystem Health and Management* , 2000, p.561-570.

- SCHAEFFER-NOVELLI, Y. Manguezal ecossistema entre a terra e o mar. São Paulo: Caribbean Ecological Research, , 1995. 64p.
- SHERMAN R. E.; FAHEY T. J. Soil-plant interactions in a neotropical mangrove forest: iron, phosphorus and sulfur dynamics, *Ecologia* v.115: p. 553-563, 1998.
- SILVA C. A; SAMPAIO L. S. Speciation of phosphorus in a tidal floodplain Forest in the Amazon estuary. *Mangroves and Salt Marshes* 2: p. 51-57, 1998.
- SOUZA, M. Concentração de nitrogênio e fósforo em perfis de sedimento em pontos da Baía de Guanabara, RJ – Estudo preliminar (monografia) Instituto de Biologia – UFRJ, 1991, 78 p.
- SUNDBY, B. C.; GOBEIL, N.; SILVERBERG; MUCCI, A. The phosphorus cycle in coastal marine sediments, *Limnol. Oceanogr.* v. 37, p. 1129-1145, 1992.
- STATSOFT INC. Statistica for Windows, [computer program manual]. Tulsa, ok, usa. 1997.
- TAM, N. F. Y; WONG, Y. S. Retention of wastewater-borne nitrogen and phosphorus in mangrove soil, *Environmental Technology*, p. 851-859, 1996.
- VANNUCCI, M. The mangroves and us (a synthesis of insights) Indian association for the advancement of science, 1989, 203 p.
- VANNUCCI, M. Os Manguezais e nós. São Paulo: Edusp, 1999, 233 p.
- WILKEN, E. S.; MOREIRA, I; REBELLO, A. ²¹⁰Pb and ¹³⁷Cs fluxes in sediment core from Guanabara Bay, Brasil. V.58 p. 195-198. 1986.
- WONG, Y. S.; LAN, C. Y.; CHEN G. Z.; LI S. H.; CHEN, X. R.; LIU, Z. P; TAM, N. F. Y. Effect of wastewater discharge on nutrient contamination of mangrove soils and plants. *Hidrobiologia*, v.295: p. 243-254, 1995.

8 ANEXO

Curva de calibração para determinação de fósforo total e fósforo inorgânico nos sedimentos do manguezal de Mauá- Baía de Guanabara, analisado pelo método colorimétrico de Grasshoff.



Livros Grátis

(<http://www.livrosgratis.com.br>)

Milhares de Livros para Download:

[Baixar livros de Administração](#)

[Baixar livros de Agronomia](#)

[Baixar livros de Arquitetura](#)

[Baixar livros de Artes](#)

[Baixar livros de Astronomia](#)

[Baixar livros de Biologia Geral](#)

[Baixar livros de Ciência da Computação](#)

[Baixar livros de Ciência da Informação](#)

[Baixar livros de Ciência Política](#)

[Baixar livros de Ciências da Saúde](#)

[Baixar livros de Comunicação](#)

[Baixar livros do Conselho Nacional de Educação - CNE](#)

[Baixar livros de Defesa civil](#)

[Baixar livros de Direito](#)

[Baixar livros de Direitos humanos](#)

[Baixar livros de Economia](#)

[Baixar livros de Economia Doméstica](#)

[Baixar livros de Educação](#)

[Baixar livros de Educação - Trânsito](#)

[Baixar livros de Educação Física](#)

[Baixar livros de Engenharia Aeroespacial](#)

[Baixar livros de Farmácia](#)

[Baixar livros de Filosofia](#)

[Baixar livros de Física](#)

[Baixar livros de Geociências](#)

[Baixar livros de Geografia](#)

[Baixar livros de História](#)

[Baixar livros de Línguas](#)

[Baixar livros de Literatura](#)
[Baixar livros de Literatura de Cordel](#)
[Baixar livros de Literatura Infantil](#)
[Baixar livros de Matemática](#)
[Baixar livros de Medicina](#)
[Baixar livros de Medicina Veterinária](#)
[Baixar livros de Meio Ambiente](#)
[Baixar livros de Meteorologia](#)
[Baixar Monografias e TCC](#)
[Baixar livros Multidisciplinar](#)
[Baixar livros de Música](#)
[Baixar livros de Psicologia](#)
[Baixar livros de Química](#)
[Baixar livros de Saúde Coletiva](#)
[Baixar livros de Serviço Social](#)
[Baixar livros de Sociologia](#)
[Baixar livros de Teologia](#)
[Baixar livros de Trabalho](#)
[Baixar livros de Turismo](#)