

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RECÔNCAVO DA BAHIA
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS, AMBIENTAIS E BIOLÓGICAS

DISPERSÃO DE METAIS EM SOLOS DE MANGUEZAL NO MUNICÍPIO DE SANTO
AMARO, BAHIA, BRASIL

EDSON DE SOUZA DOS SANTOS
Bacharel em Biologia

CRUZ DAS ALMAS
BAHIA - BRASIL
2018

EDSON DE SOUZA DOS SANTOS

DISPERSÃO DE METAIS EM SOLOS DE MANGUEZAL NO MUNICÍPIO DE SANTO
AMARO, BAHIA, BRASIL

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à
Universidade Federal do Recôncavo da Bahia
(UFRB), como parte das exigências do Curso de
Graduação de Bacharelado em Biologia, para
obtenção do título de Bacharel em Biologia.

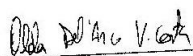
CRUZ DAS ALMAS
BAHIA - BRASIL
2018

EDSON DE SOUZA DOS SANTOS

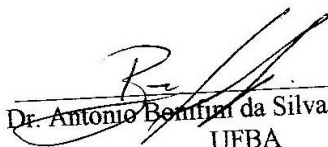
DISPERSÃO DE METAIS EM SOLOS DE MANGUEZAL NO MUNICÍPIO DE SANTO AMARO, BAHIA, BRASIL

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Universidade Federal do Recôncavo da Bahia (UFRB), como parte das exigências do Curso de Graduação de Bacharelado em Biologia, para obtenção do título de Bacharel em Biologia.

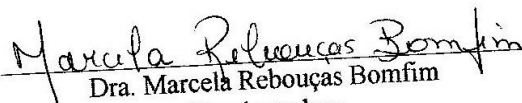
APROVADO: 28 de Agosto de 2018



Dr. Oldair Vinhas Costa
UFRB



Dr. Antonio Bonifim da Silva Ramos Junior
UFBA



Dra. Marcela Rebouças Bomfim
Coorientadora
UFRB

Dedicatória

Dedico esse trabalho primeiramente ao Deus todo poderoso na pessoa do Pai, Filho e Espírito Santo, que me deu a oportunidade de existir, a Meus Queridos, Amados, Inesquecíveis, e, Inigualáveis Genitores, Antônia Souza dos Santos “In Memoriam”, e, Benvenuto Inácio dos Santos (BV), os quais dedicaram toda suas vidas para que Eu e minha família pudesse ter a melhor educação possível , a meus irmãos, a meus Orientadores Jorge Antônio Gonzaga Santos e Marcela Rebouças Bomfim, ,e, a toda família Souza e Santos.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus todo poderoso na pessoa do Pai, Filho e Espírito Santo, que me deu forças pra não desistir mediante as adversidades. A meus pais Antônia Souza dos Santos “In Memoriam” e Benvenuto Inácio dos Santos (BV), os quais dedicaram toda sua vida para que eu e minha família pudéssemos ter a melhor educação possível. Dedicotambém aos meus irmãos: Antônio (Toinho), Bevenuto (Bai), Rita de Cássia (Rita “in memoriam”), Zilda (Nem), Telma (Pirra), Valter (Bule), Valmir (Val, Negão), Jivanildo (Jil), Luis Antônio (Lui), Valdir (Canu), Dilma (risos), Jackson (Jacaré), Gilson (risos), Cleuma (Kel), Eliane (Lia).

Vale destacar também o apoio incondicional de meus orientadores, Dr. Jorge Antônio Gonzaga Santos e a Dra. Marcela Rebouças Bomfim, os quais nunca desistiram de mim frente as dificuldades pessoais que a vida me apresentou. A minha segunda mãe (tia Alice), familiares, a minha amiga, companheira incondicional Mary Tavares, que mesmo estando longe me apoiou sempre, me dando forças nos momentos mais difíceis de minha vida. Ao pós-doc Antonio Bomfim, que sofreu junto comigo na correção e colaboração com o trabalho, aos colegas do Laboratório de Metais Traços da UFRB: Dra. Maria da Conceição “Marys”, Capelão, Marcos, Jôsy, Diego, Nilton, Amanda, Camila, Ronaldo, Zé Augusto, Emilly, Vanessa.

Enfim, a todos aqueles que de alguma forma contribuíram para esse resultado: a Professora e Coordenadora do Curso Leila Longo, aos colegas de curso, aqueles que chegaram e permaneceram, meus dindos Marline e Alino, Agenildo Sousa Santos e Lidiane da Silva (irmãos de coração), dona Ilzete “Tia”, Alisson, Marilane, Hélen, Professor Elinsmar Adorno “in memoriam”.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Localização do grid no manguezal	11
Figura 2. Esquema de marcação dos pontos de coleta para grid 40m x 40m	13
Figura 3. Box-plots das concentrações de Cd, Pb e Zn referente aos 32 pontos amostrais, no manguezal, do município de Santo Amaro	16
Figura 4. Dispersão das concentrações de Cd, com disposição das linhas de referências de qualidade ambiental NOAA, TEL(1) e PEL(1), em vermelho e CCME, TEL(2) e PEL(2), tracejado	18
Figura 5. Dispersão das concentrações de Pb, com disposição das linhas de referências de qualidade ambiental NOAA, TEL(1) e PEL(1), em vermelho e CCME, TEL(2) e PEL(2), tracejado	19
Figura 6. Dispersão das concentrações de Zn, com disposição das linhas de referências de qualidade ambiental NOAA, TEL(1) e PEL(1), em vermelho e CCME, TEL(2) e PEL(2), tracejado	20
Figura 7. Mapa de dispersão de Cd em área de manguezal de Santo Amaro, obtido através de análise geoestatística	20
Figura 8. Mapa de dispersão de Pb em área manguezal de Santo Amaro, obtido através de análise geoestatística	21
Figura 9. Mapa de dispersão de Pb em área manguezal de Santo Amaro, obtido através de análise geoestatística	21

LISTA DE TABELAS

Tabela 1- Sumário estatístico das concentrações de Cádmio, Chumbo e Zinco, referente aos 32 pontos amostrais, no manguezal do município de Santo Amaro	15
Tabela 2. Comparação com valores médios de metais em manguezais pelo mundo e background (NOOA)	17

ÍNDICE

Dispersão de metais em solos de manguezal no município de Santo Amaro, Bahia, Brasil.....	08
Resumo.....	08
Abstract.....	09
Introdução.....	10
Material e Métodos.....	11
Resultados e Discussões.....	15
Conclusões.....	22
Referências.....	22

Artigo a ser submetido à publicação no periódico Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental. 1413-4152. Campina Grande, PB, Brasil

**DISPERSÃO DE METAIS EM SOLOS DE MANGUEZAL NO MUNICÍPIO DE
SANTO AMARO, BAHIA, BRASIL**

RESUMO

Devido as pressões antrópicas os manguezais têm sofrido grandes incrementos nos níveis de poluentes químicos. As atividades industriais, principalmente as minerárias são as maiores fontes do aumento significativo desses contaminantes, uma vez que, muitas dessas atividades envolve processamento e beneficiamento de materiais ricos em diversos metais pesados, como o Chumbo, Cádmio, Arsênio, Mercúrio, Zinco, dentre outros, comprometendo a qualidade do ecossistema. O presente trabalho objetivou avaliar a dispersão dos metais Cádmio, Chumbo e Zinco em solos de manguezal no município de Santo Amaro, Bahia, Brasil. Para amostragem do solo foi demarcado um quadrante de 40m por 40m, subdividido em quadrantes de 100m², e a cada dez metros foram obtidas amostras compostas, oriundas de cinco amostras simples, considerando a profundidade de 0-20cm, na UFRB, foram secas, macerados e peneirados em malha menor que 0,063mm. As análises químicas seguiram metodologia da Agencia de Proteção Ambiental Americana método-3050B e os metais foram quantificados em Absorção Atômica (Varin 240 S). Os dados foram submetidos as análises estatísticas e geoestatísticas além de comparações com agencias ambientais internacionais, Americana e Environmental Canadá, que apresenta valores de referência para os metais estudados em ambientes marinhos. Os resultados demonstraram que dentre os metais avaliados o chumbo foi único que não apresentou dispersão uniforme no ambiente, apresentando altas concentrações em apenas dois pontos de amostragem e foram superiores aos valores referenciados. Apesar da região evidenciar a contaminação por chumbo, na área

de estudo cádmio foi o metal que apresentou concentrações acima dos valores de referência e requer uma maior atenção.

Palavras chave: contaminação, metais pesados, mineração

ABSTRACT

Due to anthropogenic pressures the mangroves have undergone great increases in the levels of chemical pollutants. Industrial activities, mainly mining activities, are the major sources of significant increase in these contaminants, since many of these activities involve processing and processing of materials rich in various heavy metals, such as Lead, Cadmium, Arsenic, Mercury, Zinc, among others, compromising the quality of the ecosystem. The present work aimed to evaluate the dispersion of Cadmium, Lead and Zinc metals in mangrove soils in the municipality of Santo Amaro, Bahia, Brazil. For soil sampling, a quadrant of 40m by 40m was subdivided, subdivided into quadrants of 100m², and every ten meters were obtained composite samples, from five simple samples, considering the depth of 0-20cm, in the UFRB, were dried, macerated and sieved in mesh less than 0.063mm. The chemical analyzes followed the methodology of the American Environmental Protection Agency method-3050B and the metals were quantified in Atomic Absorption (Varin 240 S). The data were submitted to statistical and geostatistical analyzes and comparisons with international environmental agencies, Americana and Environmental Canada, which presents reference values for the metals studied in marine environments. The results showed that among the evaluated metals the lead was unique that did not show uniform dispersion in the environment, presenting high concentrations in only two sampling points and were higher than the referenced values. Although the region shows lead contamination, in the area of cadmium study was the metal that presented concentrations above the reference values and requires more attention.

Key-words: contamination, heavy metals, mining

INTRODUÇÃO

O ambiente marinho está sendo continuamente carregado de poluentes químicos oriundos de fontes antropogênicas (CRA, 2001, 2008; Hatje et al, 2009), as quais tem impactados os ecossistemas costeiros, através do descarte indevido de resíduos orgânicos e inorgânicos, que afetam direta ou indiretamente a saúde da biota (CRA, 2004; Hatje et al., 2009) e do homem.

Os manguezais são ecossistemas costeiros tropicais e subtropicais (Schaeffer & Novelli, 1995) que constituem uma associação autossustentável entre animais, plantas e partes abióticas de seu ambiente físico (Christopherson, 2012). Protegem a costa dos processos erosivos, produzem matéria orgânica, realizam a ciclagem de nutrientes, mas que também tem sido indicado como barreira biogeoquímica de contaminantes oriundos do continente (Shaeffer & Novelli, 1995; Alves, 2001; Fu et al. 2014).

Globalmente, os manguezais estão entre os habitats naturais mais ameaçados de extinção (Gilman et al., 2006). Isto devido as contínuas e/ou pontuais descargas de resíduos, sendo os metais pesados os que têm causado maior preocupação entre os cientistas, pois afetam ou inviabilizam a vida das espécies que ali habitam, bem como a do homem, receptor final de muitos alimentos produzidos.

E o beneficiamento e processamento de minério de chumbo ocorrido no município de Santo Amaro, Bahia, produziu cerca de 500 mil toneladas de escória, rica em Cádmio (13%), Chumbo (3%) e zinco (21%), Arsênio e Mercúrio. Este material contaminou o ar, o solo, água e a população através de emissões atmosféricas via chaminé, despejo de efluentes, transbordamento da bacia de rejeitos e transporte por erosão laminar (Anjos, 2003; Bomfim, 2014, Bomfim et al., 2015).

Os metais podem ser encontrados nas mais diversas formas no ambiente, não são degradados por bactérias e podem se manter no ambiente por muito tempo, causando impactos e danos a vegetação e microrganismos (Moreira, 2014).

Ao atingir os manguezais, os metais podem ser imobilizados e remobilizados e devido as oscilações das marés e características como pH e potencial redox, podem se tornar disponíveis para o meio, atingindo todo o ciclo ecológico do ecossistema, impactando negativamente a flora, microbiota até o homem (Moreira, 2014).

O presente trabalho objetivou avaliar a dispersão dos metais Cd, Pb e Zn em solos de manguezal no município de Santo Amaro, Bahia, Brasil.

MATERIAL E MÉTODOS

Área de Estudo

O estudo foi conduzido em manguezal localizado no município de Santo Amaro (Figura 1), na região do Baixo Subaé, onde predominam as espécies *Laguncularia racemosa* e *Avicennia schaueriana* (Bomfim, 2014). Este manguezal, conforme indica a Figura 1 está próximo da antiga minero metalúrgica de processamento de galena.

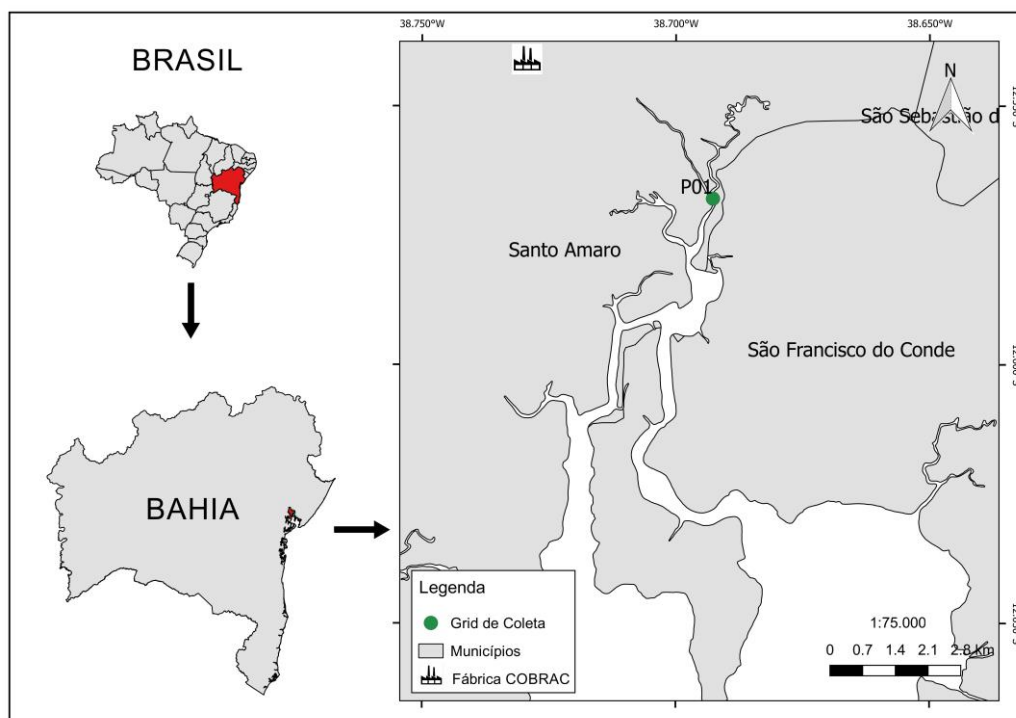


Figura 1. Localização do grid no manguezal

O clima da região é enquadrado como Af, segundo *Koppen*, ou seja, clima tropical úmido a subúmido, com pluviosidade elevada (1000 a 1600 mm ano⁻¹), temperaturas que podem ultrapassar em média os 26°C e evapotranspiração média de 1.328 mm ano⁻¹ (Anjos, 2003). A geologia da área é composta por rochas do grupo Santo Amaro (folhelho e siltito intercalados, com níveis de calcário e dolomito; arenito); grupo Ilhas (folhelho e arenito intercalados, arenito calcífero, folhelho carbonoso e siltito) e grupo Brotas (Formação Sergi: arenito fino a conglomerático; conglomerado e pelito subordinado), além de sedimentos aluvionares e de mangue do quaternário (RADAM, 1981; CPRM, 2012). Predominam nos manguezais da região os Gleissolos Tiomórficos (Bomfim et al., 2015).

Amostragem

Após análise de imagens aéreas e visitas em campo, a área foi selecionada com base na proximidade da minero metalúrgica (Figura 1). Em campo foi demarcado um grid de 40 x 40 m no manguezal (Latitude 0529852 S e Longitude 8606114 W), onde 32 pontos foram demarcados (Figura 2). Para amostragem dos solos procedeu-se da seguinte forma: em cada ponto foram coletadas cinco amostras simples do seu entorno, obtendo-se uma composta para representar o mesmo.

Para amostragem do solo foi demarcado um quadrante de 40m por 40m, subdividido em quadrantes de 100m², como demonstrado na figura 2, e a cada dez metros foram obtidas amostras compostas, oriundas de cinco amostras simples, considerando a profundidade de 0-20cm. Para evitar possíveis contaminações, utilizou-se pás plástica para coletar as amostras.

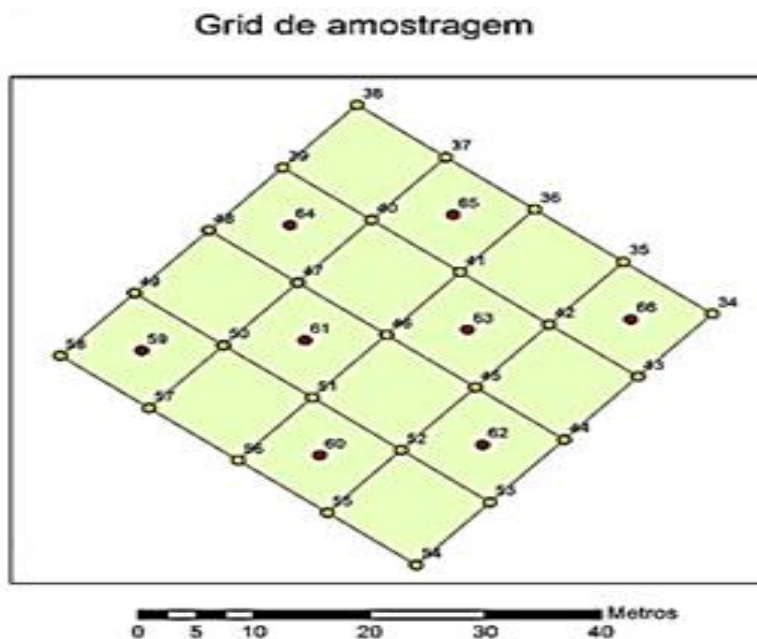


Figura 2. Esquema de marcação dos pontos de coleta para grid 40m x 40m.

Análises Laboratoriais

Após amostragem, os solos foram encaminhados para laboratório de Metais Traços da Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, onde foram secos ao ar, peneirados em malha menor que menor que 0,063mm. As amostras foram digeridas pelo método 3050B (USEPA, 1996) como se segue: 0,500g de solo foram pesados em tubos digestores, onde foi adicionado 10 mL de HNO₃:H₂O (1:1) e mantido em overnight. No dia seguinte foi aquecido a 95 °C em sistema de refluxo por 15 minutos em bloco digestor e em seguida adicionado por duas vezes 5 mL de HNO₃ concentrado, aquecendo novamente na mesma temperatura. Após 5h de aquecimento, foram adicionados 2 ml de água deionizada e 3 ml de H₂O₂, aquecendo novamente até que a reação de efervescência provocada pelo H₂O₂ fosse reduzida. Volumes de 1 mL de H₂O₂ foram adicionados até que a aparência da amostra não se alterar. Finalmente, adicionou-se 5,00 ml de HCl concentrado e 10,00 mL de água deionizada, aquecendo por 15 minutos a 95 °C, em seguida o material foi filtrado, avolumado com água

deionizado para 50 mL. Os teores de Cd, Pb e Zn foram determinados em Absorção Atômica (Varian 240S), conforme descrito em Raij et al. (2001), EMBRAPA(1997, 2006, 2007).

Análise Estatística e Geoestatística

Todos os dados químicos obtidos nos diferentes pontos amostrais, foram confrontados e processados eletronicamente em planilhas Microsoft Excel e submetidos a tratamento estatístico utilizando os aplicativos *BioEstat 5.3* e *Statistica For Windows, versão 7.0 da Statsoft Inc*, contemplando apenas análise descritiva. Já as análises geoestatística foram desenvolvidas com a utilização do programa computacional ArcGIS 9.3, através da técnicas de interpolação, a fim de permitir visualizar uma melhor dispersão dos metais.

Qualidade Ambiental

Foram consideradas duas agências ambientais internacionais para analisar o impacto da presença de Cd, Pb e Zn no manguezal estudado, permitindo avaliar sua qualidade: através do TEL e PEL da Agência Oceanográfica dos Estados Unidos (NOAA, 1999) e da Environmental Canadá (CCME, 2001), cabe ressaltar que a Resolução 460/2013 do Conselho Nacional de Meio Ambiente(CONAMA), não representa valores de referencia para o tipo de solo estudado. O TEL é o “*Nível de Efeito Limiar*”, que indica o nível abaixo do qual não ocorre efeito adverso a comunidade biológica; e o PEL é o “*Nível de efeito Provável*”, que indica o nível acima do qual é provável a ocorrência de efeito adverso a comunidade biológica. Os valores entre TEL e PEL indicam o intervalo de efeito possível do qual os efeitos adversos ocorrem ocasionalmente (CCME, 2001), doravante denominados neste estudo de potencialmente tóxicos. Além destes, resultados de outros estudos foram utilizados como efeito comparativo.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os metais acumulados podem ser persistentes nos sedimentos de mangue ao longo do tempo, resultando em bioacumulação e biomagnificação em cadeias alimentares estuarinas (WANG et al., 2013; NATESAN et al., 2014). A tabela 1 representa a variabilidade das concentrações de Cd, Pb e Zn no grid estudado, onde o Cd apresentou concentração mínima de 0.0 e máxima de 12.0 (mg.kg^{-1}) com um baixo desvio padrão, caracterizando uma dispersão mais uniforme de suas concentrações. As concentrações de Pb foram verificadas apenas em 6.25% do total de amostra, o que determina um elevado valor de variância (872.39), tendo variação máxima de 127.56 (mg.kg^{-1}), caracterizando uma dispersão meramente ao acaso, no qual podemos inferir que o metal está atrelado a outros processos da dinâmica do ecossistema fazendo com que o mesmo não esteja disponível nos demais pontos da zona estuda. Já o Zn oscilou de 0.44 a 146.66 (mg.kg^{-1}), sendo que apenas 1 amostra, considerada extrema (figura 3) tendenciou a variabilidade das concentrações, mas de maneira geral a dispersão teve comportamento uniforme.

Tabela 1- Sumário estatístico das concentrações de Cádmiu, Chumbo e Zinco, referente aos 32 pontos amostrais, no manguezal do município de Santo Amaro.

Metais (mg.kg^{-1})	Cd	Pb	Zn
N	32	32	32
Média	7.69	7.49	44.41
Mediana	7.46	0.00	42.34
Mínimo	0.00	0.00	0.44
Máximo	12.15	127.56	146.66
Variância	6.69	872.39	568.61
Desvio Padrão	2.59	29.54	23.85

Com a análise dos box-plots (figura 3) é possível verificar que as maiores medianas, estão atribuídas ao Zn e posteriormente do Cd. O Pb não apresentou valor de mediana, uma vez que suas concentrações foram representadas apenas por dois pontos amostrais.

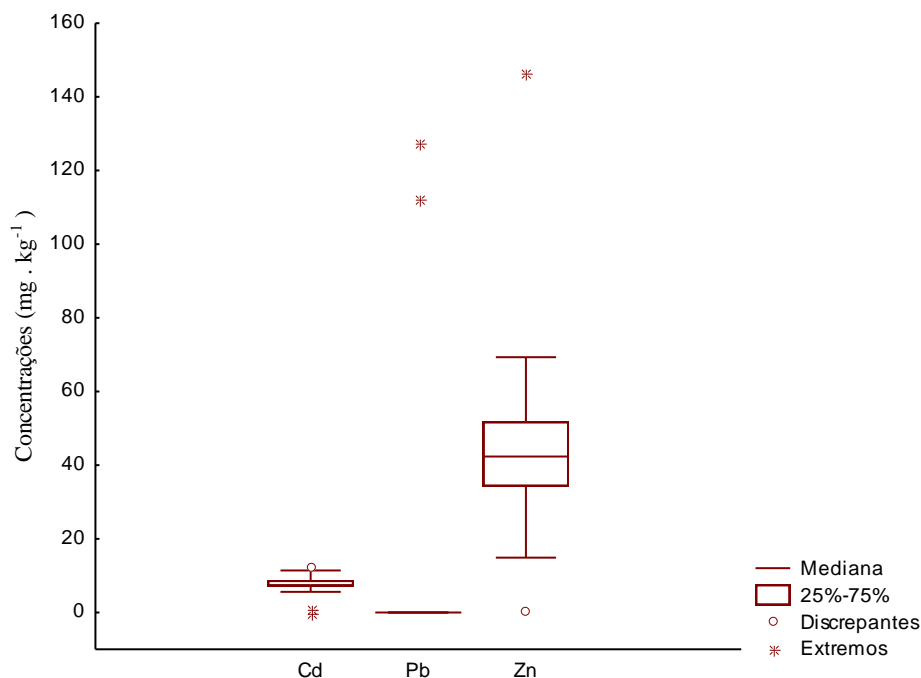


Figura 3. Box-plots das concentrações de Cd, Pb e Zn referente aos 32 pontos amostrais, no manguezal, do município de Santo Amaro.

A tabela 2 apresenta uma análise comparativa das concentrações médias obtidas, com de outros autores que estudaram os mesmo metais, em manguezais ao redor do mundo, além de confrontar com os valores de referência estabelecidos pela agência ambiental NOAA. No qual podemos afirmar que em comparação aos trabalhos citados, apenas Cd foi o metal que apresentou uma elevada concentração média, em níveis gerais. Porém quando estabelecido o confronto com o background NOAA, todos os metais estudados estão em desacordo com legislação.

As concentrações de Cd encontradas indica um agravante ao ecossistema de manguezal, devido a sua alta toxicidade para organismos marinhos, mesmo em concentrações não tão elevadas, o que pode causar alterações patológicas na bioquímica celular, funcionalidade e morfologia (Lionetto et al. 2000).

Tabela 2. Comparação com valores médios de metais em manguezais pelo mundo e background (NOOA).

Localidade	Cd	Pb	Zn	Observações	Referência
Presente Estudo	7.69	7.49	44.41	Grid de 40m x 40m	Autor
Santo Amaro, BA	2,00	22,54	35,33	Contaminado	Bomfim, 2014
Santo Amaro, BA	4,49	63,22	100,95	Contaminado	Bomfim, 2014
Baia de Camamu, BA	< 1,0	156,00	81,0	----	Oliveira et al, 2009
Santo Amaro, BA	9,40	95,00	84,90	----	Queiroz,1992
Aracati-Mirim, Brasil	1,67	9,28	54,24	Urbanização	Moreira, 2014
Estero Salado, Equador	0,97	45,24	390,19	Atividades industriais	Fernandez-Cadena, 2014
Sydney, Austrália	0,59	95,0	156,0	Cidades, Industrias (quais)	Chaudhuri et al., 2014
Ash Island, Austrália	0,65	29,0	161,0	Agricultura, Industrias	Nath et al., 2013
Ash Island, Austrália	0,43	30,0	138,0	Floresta Natural	Marchand et al, 2011
Nasha, China	0,78	55,30	159,0	Atividades Industriais	Wu et al., 2014
Background	0,1 – 3,0	4,00 – 17,0	7,0 – 38,0	Valores de referência	NOOA, 1999

Quanto à avaliação da qualidade ambiental o Cd (figura 4) foi superior ao nível de efeito limiar, e ao nível de efeito provável, tanto para a NOAA quanto para o CCME, indicando que este metal no solo do manguezal de Santo Amaro, representa uma ameaçada ao ecossistema, sobretudo as comunidades biológicas.

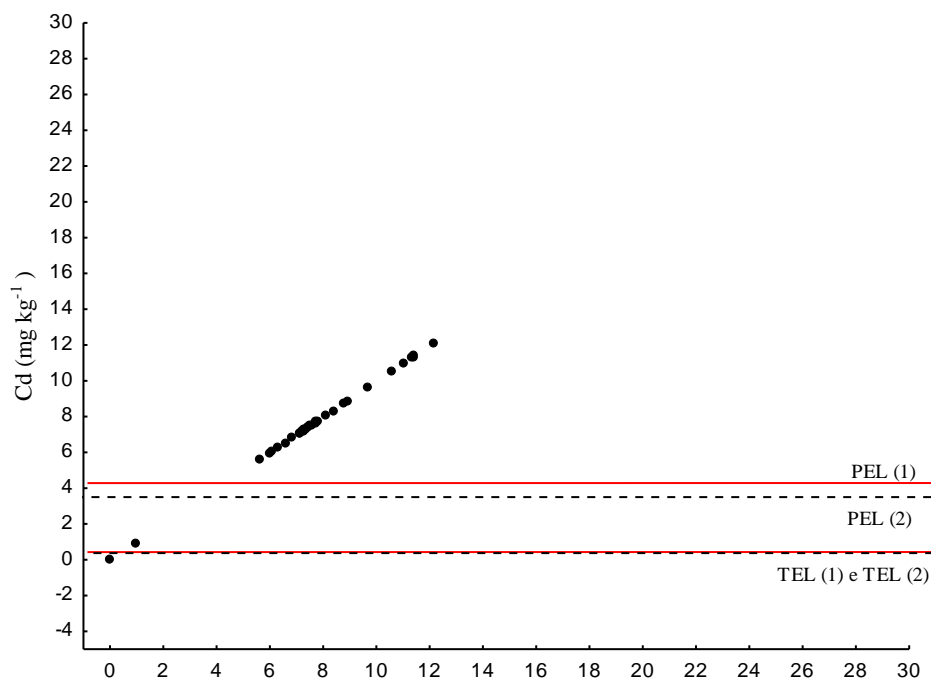


Figura 4. Dispersão das concentrações de Cd, com disposição das linhas de referências de qualidade ambiental NOAA, TEL(1) e PEL(1), em vermelho e CCME, TEL(2) e PEL(2), tracejado.

O Cd pode bioacumular nos organismos causando efeitos tóxicos, podendo atingir todos os níveis da cadeia trófica, possibilitando o surgimento de patologias a exemplo de mutações e câncer (Günther, 1998; Lim & Schoenung, 2010).

A figura 5 demonstra que as concentrações de Pb atribuídas apenas aos dois pontos considerados extremos, estão em desacordo com os valores de referência de qualidade da NOAA e da CCME, indicando que o metal pode ocasionar efeito adverso ao ecossistema de manguezal. Diferentemente dos resultados obtidos por Nath et al., (2013), Wu et al., (2014) e Bomfim (2014) que foram abaixo do TEL ou entre o TEL e PEL (NOAA, 1999). Segundo Awofolu et al., (2005) o Pb é um metal prejudicial a saúde do ecossistema aquático e potencial contaminante à saúde humana.

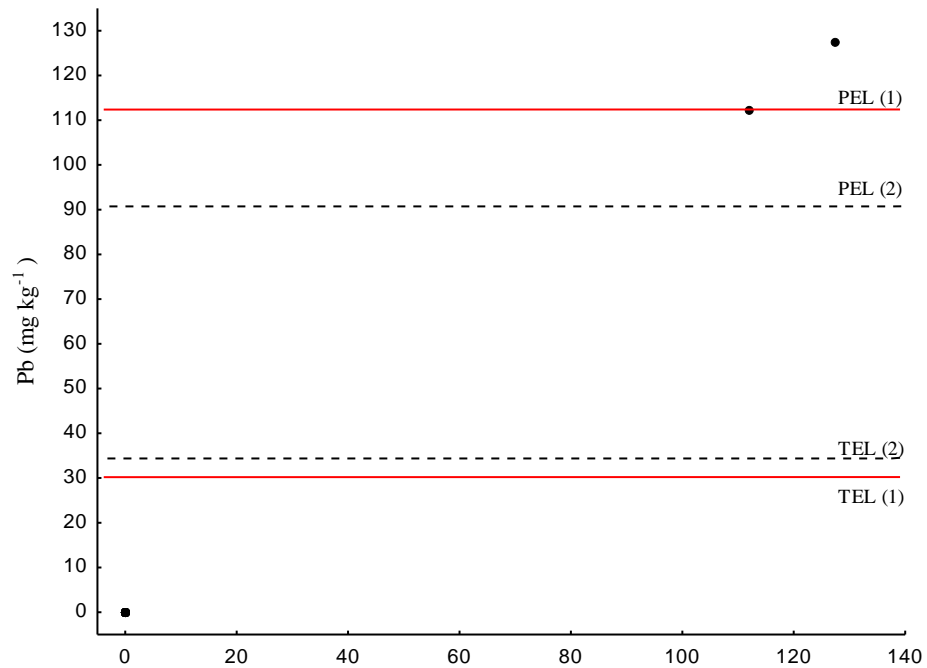


Figura 5. Dispersão das concentrações de Pb, com disposição das linhas de referências de qualidade ambiental NOAA, TEL(1) e PEL(1), em vermelho e CCME, TEL(2) e PEL(2), tracejado.

De maneira geral as concentrações de Zn demonstra que a área de manguezal estudada possui uma boa qualidade ambiental em relação ao metal, porém a dispersão aleatória de apenas uma amostra situada no intervalo de efeito possível (figura 6), indica que ocasionalmente pode ocorrer um efeito adverso ao ecossistema.

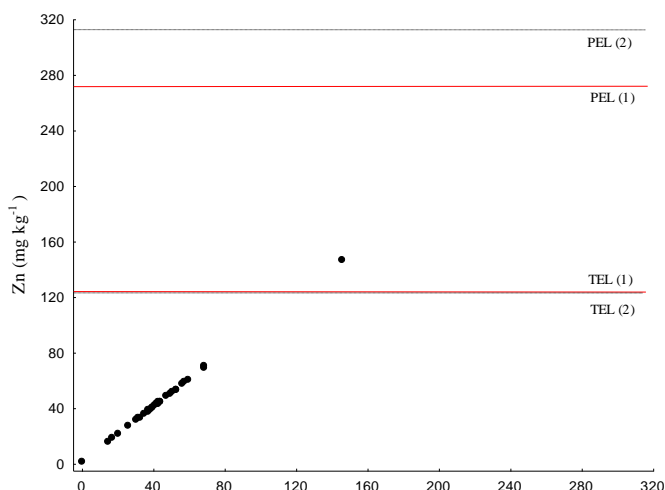


Figura 6. Dispersão das concentrações de Zn, com disposição das linhas de referências de qualidade ambiental NOAA, TEL(1) e PEL(1), em vermelho e CCME, TEL(2) e PEL(2), tracejado.

Os mapas obtidos através de análises geoestatísticas corroboraram as demais interpretações (Figuras 7, 8 e 9) e possibilitou visualizar de uma forma mais simplificada o comportamento da dispersão dos metais no manguezal estudado.

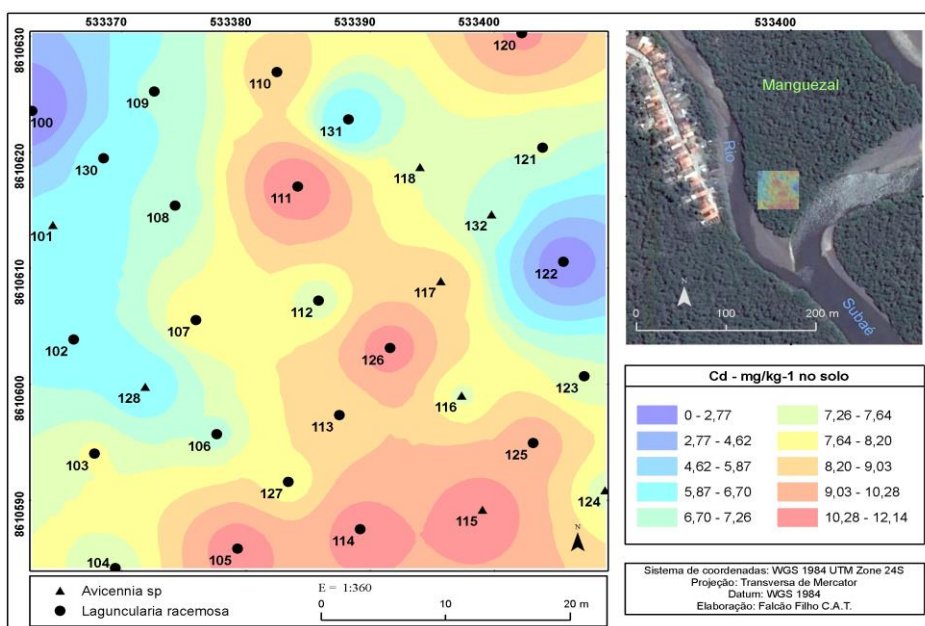


Figura 7. Mapa de dispersão de Cd em área de manguezal de Santo Amaro, obtido através de análise geoestatística.

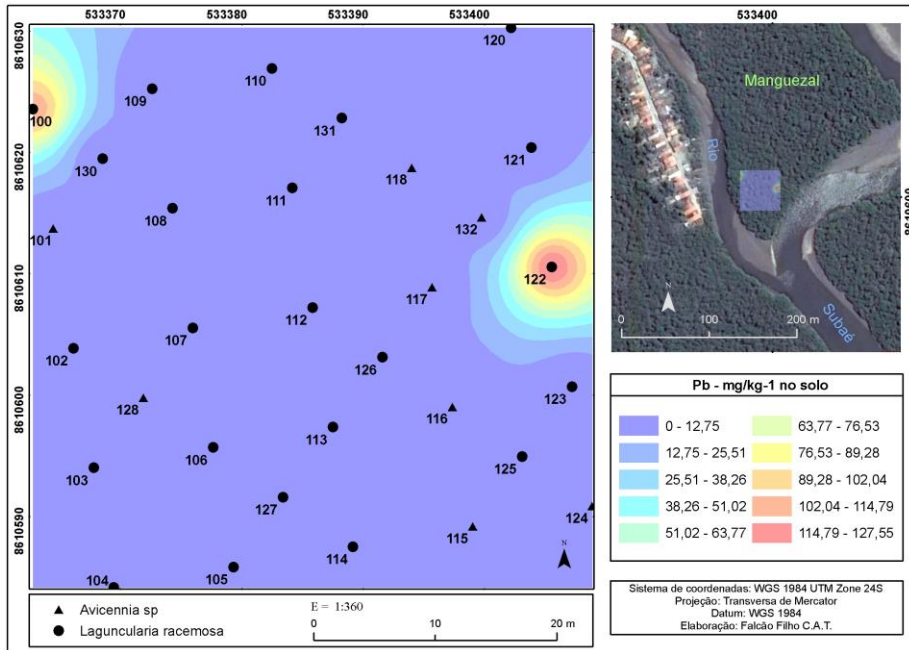


Figura 8. Mapa de dispersão de Pb em área manguezal de Santo Amaro, obtido através de análise geoestatística.

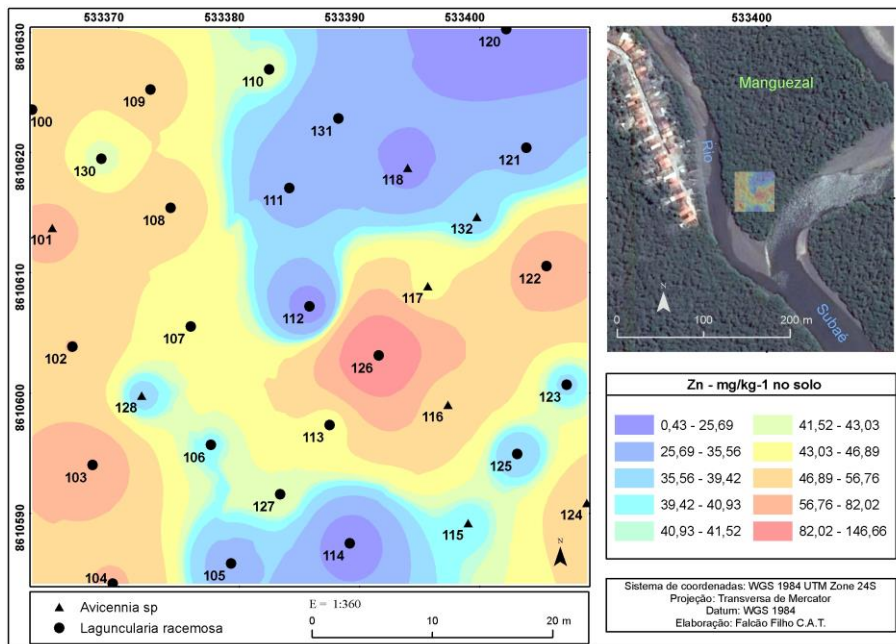


Figura 9. Mapa de dispersão de Zn em área manguezal de Santo Amaro, obtido através de análise geoestatística.

CONCLUSÕES

Em virtude do objetivo proposto concluiu-se que:

1. Dos metais avaliados apenas o Pb não apresentou dispersão uniforme de suas concentrações.
2. As concentrações de Pb foram evidenciadas em apenas dois pontos de amostragem, sendo que estes foram superiores aos valores referenciados pelas agências ambientais internacionais.
3. Mesmo a área ostentando um passivo da contaminação por Pb, o Cd é um metal que requer uma maior atenção, uma vez que foi superior às áreas similares, em níveis médios globais e os valores de background.
4. O metal Zn mesmo apresentando concentrações acima do background, não compromete a qualidade ambiental do manguezal estudado.
5. As análises geoestatísticas permitiu visualizar de maneira especializada a dispersão, constituindo uma importante ferramenta na interpretação dos dados.

Mediante ao exposto recomenda-se a continuidade desta pesquisa com a investigação dos metais em outros compartimentos associados ao ecossistema de manguezal, sobretudo o Pb, levando em consideração maiores profundidades de amostragem, além da adoção de metodologias diferenciadas de análises.

REFERÊNCIAS

Alves, J. R. P. Manguezais: educar para proteger. Rio de Janeiro: Femar: Semads, 2001.

Anjos, J. A. S. A. Avaliação da eficiência de uma zona alagadiça (*wetland*) no controle da poluição por metais pesados: o caso da Plumbum em Santo

Amaro da Purificação - BA. Tese (Doutorado em Engenharia Mineral) - Universidade de São Paulo, Escola Politécnica, São Paulo, 227p, 2003.

Awafolu, O. R.; Mbolekwa, Z.; Mtshemla, V.; Fatoki, O. S. Levels of Trace Metals in Water and Sediment from Tyume River and its effects on an irrigated farmland. Water SA 31(1): 87-94. Water SA 31(1): 87-94, 2005.

Bomfim, M. R. Características de ecossistemas manguezais contaminados por metais traços. 2014.

Bomfim, M. R.; Santos, J. A. G.; Costa, O. V.; Otero, X. L.; Vilas Boas, G. S.; Capelão, V. S.; Santos, E. S.S.; Nacif, P. G. S. Genesis, Characterization, and Classification of Mangrove Soils in the Subaé River Basin, Bahia, Brazil. Revista Brasileira de Ciência do Solo. vol.39, p.1247-1260, 2015.

Buchman, M. F. NOAA Screening Quick Reference Tables. Seattle, NOAA HAZMAT, Coastal Protection and Restoration Division, Report 99-1., 12 p, 1999.

CCME. Canadian Council of Ministeries of the Environment. Water quality Guidelines for the Protection of Aquatic Life (2001). Disponível em:<http://sts.ccme.ca/en/index.html?chems=4,8,9,12,15,16,20,21,61,63,62,65,71,123,124,127,129,131,138,139,197,198,200,211,213,225,226,229&chapters=1,3,4>. Acesso em 20 de jul. de 2018.

CETESB. Sistema estuarino de Santos e São Vicente. Relatório Técnico CETESB. São Paulo, SP. 178p. 2001

CONAMA – Conselho nacional do Meio Ambiente. Resolução No. 460 de 31 de dezembro de 2013. Altera a Resolução CONAMA No. 420, de 28 de dezembro de 2009, que dispõe sobre critérios e valores orientadores de qualidade do solo quanto à presença de substâncias químicas e dá outras providências. Brasília, 2013, publicada no Diário Oficial da União de 31

de Dezembro de 2013. Disponível em:
<<http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=702>>. Acesso em: 10 de julho de 2018.

Chaudhuri, P.; Nath, B.; Birch, G. Accumulation of trace metals in grey mangrove *Avicennia marina* fine nutritive roots: The role of rhizosphere processes. *Marine Pollution Bulletin*, v. 79, p. 284-292. 2014.

Christopherson, R. W. Geossistemas: uma introdução à Geografia Física. 7 ed. Porto Alegre: Bookman, 2012.

CRA. Diagnóstico da Qualidade das Águas da Baía de Todos os Santos. Consórcio Hydros CH2M Hill. Governo do Estado da Bahia, Salvador, 2001.

CRA. Diagnóstico da Concentração de metais pesados e hidrocarbonetos de petróleo nos sedimentos e biota da baía de todos os santos. Consorcio BTS Hydros CH2MHILL. Governo do Estado da Bahia, Salvador, 2004.

CRA. Inventário de atividades com potencial de contaminação/poluição e de produtos químicos na Baía de Todos os Santos. TOMO I-Relatório Preliminar. HYDROS Engenharia e Planejamento Ltda. Tomo I. Governo do Estado da Bahia, p. 269, 2008.

EMBRAPA. Centro de Pesquisa de Solos - Manual de métodos de análises de solo. 2. ed. Rio de Janeiro: Embrapa, 211p. 1997.

EMBRAPA. Sistema Brasileiro de Classificação de Solos. Brasília: EMBRAPA, 2006. 306 p.

EMBRAPA. Centro de Pesquisa de Solos - Manual de métodos de análises de solo. 2. ed. Rev. Rio de Janeiro: Embrapa, 211p. 2007.

Fernández-Cadena, J.C.; Andrade, S.; Silva-Coelho, C.L.; de La Iglesia, R. Heavy metal concentration in mangrove surface sediments from the north-west coast of South America. *Marine Pollution Bulletin* 82, 221–226, 2014.

Fu, J.; Changpo, Z.; Yupeng, L.; Chumsheng, L.; George, Z.; K.; Yin, L. Dongye, Z.; Shuqing, A.; Hailliang, Z.. Heavy metals in surface sediments of the Jialu River, China: their relations to environmental factors. *Journal of hazardous materials*, v. 270, p. 102-109, 2014.

Gilman, E.; Lavieren, H.V.; Ellison, J., Jungblut, V.; Wilson, L.; Areki, F.; Brighthouse, G.; Bungitak, J.; Dus, E.; Henry, M.; Sauni, J. R. I.; Kilman, M.; Matthews, E.; Tearikiruatu, N.; Tukia, S.; Yuknavage, K.. *Pacific Island Mangroves in a Changing Climate and Rising Sea*, 2006.

Günther, W. M. R. Contaminação ambiental por disposição inadequada de resíduos industriais contendo metais pesados- estudo de caso. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo, 140p., 1998.

Hatje, V.; Bicego, M. C.; Carvalho, G. C.; de Andrade, J. B. Contaminação Química. In: Hatje, V.; de Andrade, J. B.(Eds.) *Baía de Todos os Santos: Aspectos Oceanográficos*. Edufba, Salvador, pp. 243-299, 2009.

Lim, S. R.; Schoenung, J. M. Human health and ecological toxicity potentials due to heavy metal content in waste electronic devices with flat plane displays. *Journal Hazardous Materials*, Amsterdam, v.177, p.251-259, 2010.

Lionetto, M. G.; Giordano, M. E.; Vilella, S; Schettino, T. Inhibition of eel enzymatic activities by cadmium. *Aquat Toxicol* 48:561–571, 2000.

Marchand, C.; Lallier-Vergès, E.; Allenbach, M. Redox conditions and heavy metals distribution in mangrove forests receiving effluents from shrimp farms (Teremba Bay, New Caledonia). *Journal of Soils and Sediments*, v. 11, p. 529-541. 2011.

Moreira, C. C. L. Valores de Referência de Qualidade para Metais Pesados em Solos de Mangue do Estado do Ceará: Subsídios para gestão da zona costeira. Tese de Doutorado. Universidade Federal do Ceará, 2014.

Nath; B.; Birch, G.; Chaudhuri, P. Trace metal biogeochemistry in mangrove ecosystems: A comparative assessment of acidified (by acid sulfate soils) and non-acidified sites. *Science of the Total Environment*, v. 463-464, p. 667-674, 2013.

Natesan, U.; Madan Kumar, M.; Deepthi, K., 2014. Mangrove sediments a sink for heavy metals? An assessment of Muthupet mangroves of Tamil Nadu, southeast coast of India. *Environ. Earth Sci.* 72 (4), 1255–1270.

Oliveira, O. M. C.; Cruz, M. J. M.; Queiroz, A. F. S. Comportamento Geoquímico de Metais em Sedimentos de Manguezal da Baía de Camamu-Bahia. *Braz. J. Aquat. Sci. Technol.*, 13(2):1-8, 2009.

Queiroz, A. F. S. Mangroves de la baia de Todos os Santos – Salvador – Bahia – Brésil: ses caractéristiques et l'influence anthropique sur as géochimie. Université Louis Pasteur de Strasbourg, França. 1992. 148p. (Tese de Doutorado).

RADAMBRASIL. Levantamento dos Recursos Naturais. Ministério das Minas e Energia Folha SD. 24, Salvador / Rio de Janeiro. Rio de Janeiro, 624 p. 1981.

Raij, B. V.; Andrade, J. C.; Cantarella, H.; Quaggio, J. A. (Ed.). Análise química para avaliação da fertilidade de solos tropicais. Campinas: Instituto Agrônômico, 2001. 285p.

Schaeffer-Novelli, Yara. Manguezal: ecossistema entre a terra e o mar. São Paulo: Caribbean Ecological Research, v. 64, 1995.

Wang, Y.; Qiu, Q.; Xin, G.; Yang, Z.; Zheng, J.; Ye, Z.; Li, S. Heavy metal contamination in a vulnerable mangrove swamp in South China. *Environ. Monit. Assess.* 185 (7), 5775–5787, 2013.

Wu, Q.; Tam, N. F. Y.; Leung, J. Y. S.; Zhou, X.; Fu, J.; Yao, B.; Huang, X.; Xia, L. Ecological risk and pollution history of heavy metals in Nansha mangrove, South China. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, v. 104, p. 143-151. 2014.