

Caracterização e biodisponibilidade de metais no mangue da Foz do Rio Meirim, Maceió-AL

Characterization and bioavailability of metals in the mangrove of the Meirim River Mouth, Maceió-AL

DOI:10.34117/bjdv7n2-586

Recebimento dos originais: 16/01/2021

Aceitação para publicação: 25/02/2021

Alexandre Bomfim Barros

Mestrado

Instituição de atuação atual: IFAL – Instituto Federal de Alagoas

Endereço :Rua Odilon Vasconcelos, 103 Bairro Jatiúca, Maceió – AL CEP: 57035-350

E-mail: alexandrebarros_tm@hotmail.com

Joaquim Alexandre Moreira Azevedo

Mestrado

Instituição de atuação atual: IFAL – Instituto Federal de Alagoas

Endereço :Rua Odilon Vasconcelos, 103, Bairro Jatiúca, Maceió – AL, CEP: 57035-350

E-mail: jazevedo951@gmail.com

Adelmo Lima Bastos

Doutorado

Instituição de atuação atual: IFAL – Instituto Federal de Alagoas

Endereço :Rua Odilon Vasconcelos, 103, Bairro Jatiúca, Maceió – AL, CEP: 57035-350

E-mail: adelmobastos@gmail.com

Velber Xavier Nascimento

Doutorado

Instituição de atuação atual: CESMAC – Centro Universitário Cesmac

Endereço :Rua Cônego Machado, 918, Farol CEP: 57051-160, Maceió, Alagoas

E-mail: velberxavier@gmail.com

RESUMO

O manguezal é um importante ecossistema de transição entre o ambiente marinho e terrestre, localizado em regiões tropicais e subtropicais com temperaturas médias acima de 20°C. Nos últimos 20 anos, a poluição dos recursos hídricos tem levado ao estudo dos ecossistemas costeiros, que são importantes para preservação e equilíbrio da vida. Dentre os contaminantes provenientes de descarga de efluentes industriais, urbanos e agrícolas, os metais pesados se destacam por não serem biodegradáveis. O objetivo deste trabalho foi avaliar as características físico-químicas e os níveis ambientalmente disponíveis dos metais pesados: Cobre, Zinco, Chumbo, Cádmiio, Crômio, Ferro e Manganês no solo de mangue da foz do Estuário do Rio Meirim no estado de Alagoas. Foram coletadas 10 amostras de solo de mangue na foz rio Meirim. As amostras foram submetidas as análises

de rotina para solos da Embrapa. Os metais foram extraídos pelo método Mehlich 1 e analisados por meio de espectrometria de absorção atômica. A granulometria revelou um solo com grandes teores de areia. Nas análises químicas foram encontrados nos sedimentos todos os metais propostos na pesquisa: Zinco 7,09 mg/kg, Cobre 0,89 mg/kg, Chumbo 3,92 mg/kg, Cádmio 0,56 mg/Kg, Crômio 1,36 mg/kg, Ferro 352,6 mg/kg e Manganês 3,9 mg/kg.

Palavras- Chave: Estuário, Contaminação ambiental, Sedimentos.

ABSTRACT

The mangrove is an important transitional ecosystem between the marine and terrestrial environments, located in tropical and subtropical regions with average temperatures above 20°C. In the last 20 years, the pollution of water resources has led to the study of coastal ecosystems, which are important for the preservation and balance of life. Among the contaminants from discharge of industrial, urban and agricultural effluents, heavy metals stand out because they are not biodegradable. The objective of this work was to evaluate the physical-chemical characteristics and the environmentally available levels of heavy metals: Copper, Zinc, Lead, Cadmium, Chromium, Iron and Manganese in mangrove soil from the mouth of the Meirim River Estuary in the state of Alagoas. Ten samples of mangrove soil were collected at the mouth of the Meirim River. The samples were submitted to Embrapa's routine soil analysis. The metals were extracted using the Mehlich 1 method and analyzed by atomic absorption spectrometry. The granulometry revealed a soil with high sand contents. In the chemical analysis all the metals proposed in the research were found in the sediments: Zinc 7.09 mg/kg, Copper 0.89 mg/kg, Lead 3.92 mg/kg, Cadmium 0.56 mg/Kg, Chromium 1.36 mg/kg, Iron 352.6 mg/kg and Manganese 3.9 mg/kg.

Keywords: Estuary, Environmental contamination, Sediment.

1 INTRODUÇÃO

O manguezal é um importante ecossistema de transição entre o ambiente marinho e terrestre, localizado em áreas abrigadas de regiões tropicais e subtropicais. No Brasil, encontra-se distribuída entre os estados do Amapá até Santa Catarina (SILVA, 2011). No Estado de Alagoas os manguezais são encontrados praticamente em toda a faixa litorânea (CORREIA; SOVIERZOSKI, 2005).

Os solos do mangue são originários de sedimentos pelíticos (argila e silte), siltico-arenosos e arenosos (ZHANG et al., 2014). Desenvolvidos a partir de sedimentos marinhos e fluviais com presença de matéria orgânica e que ocorrem em regiões de topografia plana na faixa costeira sob a influência constante do mar, sendo classificados segundo a Embrapa (2013), como “solos indiscriminados de mangue” e têm como principais características o elevado teor de sais e matéria orgânica, baixa consistência, condições de anoxia, coloração cinza escuro e textura variando de argilosa a arenosa.

De acordo com Moreira (2014), nos últimos 20 anos, a poluição dos recursos hídricos tem levado ao colapso dos ecossistemas aquáticos costeiros, que são importantes para preservação e equilíbrio da vida. Os despejos industriais e urbanos lançados nestes ecossistemas têm sido objeto de discussão em todo mundo, pois provocam modificações ambientais, aumentando também a pressão sobre as áreas costeiras. Dentre os contaminantes provenientes de descarga de efluentes industriais, urbanos e agrícolas, os metais pesados se destacam por não serem biodegradáveis. Os metais introduzidos pelas atividades antrópicas, muitas vezes, excedem os aportes naturais, representando um risco para a saúde humana e dos animais (PRIETO et. al, 2008). Estes quando lançados na água, podem agregar-se a outros elementos, formando diversos tipos de moléculas, as quais apresentam diferentes efeitos nos organismos devido a variações no grau de absorção pelos mesmos (PRIETO et al., 2008).

Os atributos do solo podem expressar as condições de preservação ou degradação dos manguezais, condições estas que estão diretamente relacionadas à distribuição e ao grau de desenvolvimento das espécies vegetais (ANDRADE, 2013). Desta forma, o estudo das características físico-químicas do solo e a avaliação se sua contaminação por metais pesados, constitui uma importante ferramenta para mensuração das condições de salubridade ambiental, que podem auxiliar no planejamento de ações de preservação, conservação e recuperação de áreas já degradadas bem como subsidiar estudos relacionados com o risco a saúde humana.

Essa pesquisa foi desenvolvida na foz do rio Meirim; importante rio do Estado de Alagoas. Sua bacia hidrográfica é ocupada pela monocultura da cana-de-açúcar no médio e alto vale, pela pecuária no médio e baixo vale e pela urbanização, na faixa litorânea. Encontra-se em seu vale o parque sucro-alcooleiro da Cachoeira do Meirim e já possuiu a indústria de tecidos de Saúde, hoje desativada.

Este trabalho teve como objetivo O objetivo deste trabalho foi avaliar as características físico-químicos e os níveis ambientalmente disponíveis dos metais pesados: Cobre, Zinco, Chumbo, Cádmio, Crômio, Ferro e Manganês no solo de mangue da foz do Estuário do Rio Meirim no estado de Alagoas.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Os manguezais são sistemas ecológicos que ocorrem nos litorais de continentes e ilhas que sofrem inundações periódicas por água salgada com predomínio nas regiões tropicais e subtropicais (SOARES, 2016). São constituídos por florestas cujas árvores e

arbustos crescem nas águas rasas de maré de estuários e zonas costeiras. Neste ambiente de transição, os manguezais apresentam elevada complexidade estrutural e funcional em resposta às condições do ambiente inundável, salgado, redutor, anóxico, e pelas alterações geomorfológicas (SCHAEFFER-NOVELLI, 2002).

Entretanto para Aguirre Rubí (2017), os manguezais fazem parte de um ecossistema costeiro de transição altamente complexo com um forte relacionamento com habitats vizinhos. Sua vegetação apresenta adaptações específicas que permitem desenvolver-se em ambientes de alta salinidade (MADI; BOEGER; REISSMANN, 2015).

Rico em biodiversidade o manguezal garante abrigo, alimento e proteção para a reprodução de inúmeras espécies marinhas e terrestres, devido ao acúmulo de material orgânico, característica importante desse ambiente (ANDRADE et al., 2012).

Esse ecossistema também tem sua importância em relação à dinâmica do ciclo do carbono, sequestrando este químico da atmosfera e armazenando-o nas árvores e seu sedimento (SPALDING et al., 2010). Donato et al. (2011) afirmam que pesquisas realizadas nas últimas décadas mostram que as florestas de manguezal estão entre as que mais sequestram carbono dentre as florestas tropicais. As florestas de manguezal compreendem apenas 0,7% das formações tropicais do mundo (GIRI et al., 2011), no entanto promovem um “enterro global” de carbono orgânico de cerca de 11% (DUARTE et al., 2005).

O solo é um corpo de material inconsolidado que cobre a superfície terrestre emersa, entre a litosfera e a atmosfera. É produto do intemperismo sobre um material de origem, cuja transformação se desenvolve em um determinado relevo, clima, bioma e ao longo do tempo. Essa condição o torna um sistema dinâmico, ou seja, o solo evolui, se desenvolve e se forma de maneira contínua no ambiente em que está inserido (EMBRAPA, 2013).

Os solos de mangue recebem a denominação de “solos indiscriminados de mangue” (EMBRAPA, 2013), e têm como principais características o elevado teor de sais e matéria orgânica, baixa consistência, condições de anoxia, coloração cinza escuro e textura variando de argilosa a arenosa.

As condições de salinidade do solo, de deposição constante de sedimentos e a oscilação das marés tornam o ambiente de mangue de difícil adaptação. Em virtude disso em todo o mundo existem apenas 28 gêneros e cerca de 70 espécies de mangues, das quais apenas 17 são exclusivamente deste habitat (LACERDA et al., 2006). Isso reflete uma

baixa diversidade genética e aparentemente existem menos oportunidades para diversificação e seleção de material genético (DUKE et al., 1998).

No Brasil, o ecossistema manguezal pode ser representado por uma associação de espécies do gênero *Rhizophora*, *Avicennia*, *Lagunculária* e *Conocarpus*. Com certa frequência, também aparecem espécies do gênero *Hibiscus*, *Acrostichum* e *Spartina* (HERZ,1991).

Segundo Instituto do Meio Ambiente de Alagoas (IMA, 2010), na região de Maceió, capital do estado, muitos manguezais ainda resistem à crescente expansão urbana, entre eles um dos raros mangues costeiros que se distribui paralelo à costa, tendo por um lado cordões arenosos formando praias (região de Ipioca), sucedido por baixios que formam meandros inundáveis pelas águas do mar durante a maré alta. Entre os mangues estuarinos tem-se nos rios Meirim, Pratagy, riacho Guaxuma, e riacho Jacarecica. Entre os lagunares destaque para o CELMM (IMA, 2010).

Não existe consenso na definição de “metal pesado”, de acordo com a União Internacional de Química Pura e Aplicada (IUPAC), citado por Duffus (2004), existe uma ampla tentativa de conceituar e definir o termo “metal pesado”, porém cada “metal” deve ser estudado separadamente de acordo com suas características químicas, biológicas e propriedade toxicológicas. Portanto adotaremos para o presente trabalho o termo metal pesado para definir os elementos com massa superior 5 g.cm^{-3} ou possuir número atômico maior que 20 (MALAVOLTA, 2006).

Os metais pesados têm sido apontados constantemente como contaminantes em solos de diversos ambientes estuarinos no mundo (LEWIS, 2011; BAYEN, 2012). Naturalmente, os teores de metais pesados são influenciados por mudanças litológicas, hidrológicas, geológicas (JAIN et al., 2007; ZAHRA et al., 2014). O acúmulo de metais pelos organismos pode ter efeito bastante abrangente via teia alimentar para diversos níveis tróficos de a cadeia alimentar. Este efeito culmina com a ocorrência das maiores taxas de contaminação nos níveis mais altos da teia trófica (SILVA, 2015).

Marques et al. (2017) afirmam que o descarte inadequado de Resíduos de equipamentos eletrônicos podem trazer prejuízos aos ecossistemas, principalmente, devido à presença dos metais pesados. Verifica-se ainda que uma parte da população não tem conhecimento da presença de substâncias tóxicas nos resíduos eletrônicos, principalmente os metais pesados, entretanto, esses continuam descartando os resíduos no lixo comum, contaminando os ecossistemas (AQUINO et al. 2017).

A agricultura, por exemplo, constitui uma das mais importantes fontes não pontuais de poluição por metais em corpos d'água. As principais fontes liberadoras são os fertilizantes (Cd, Cr, Pb, Zn), os pesticidas (Cu, Pb, Mn, Zn), os preservativos de madeira (Cu, Cr) e dejetos de produção intensiva de bovinos, suínos e aves (Cu, As, e Zn). (LIMA, 2013).

O acúmulo progressivo do metal pesado no solo pode atingir níveis de contaminação ou poluição (ALLOWAY, 1990), onde os riscos podem ser maiores se caso os poluentes sejam transferidos para o ambiente aquático (MELO; ALLEONI, 2009). A preocupação com o chumbo, por exemplo, se dá em vários níveis.

Enquanto na Comunidade Europeia, ainda no início dos anos 1990, a tônica da discussão remetia aos impactos do chumbo na saúde humana, o que resultou no banimento desse elemento na produção de equipamentos eletroeletrônicos; no Brasil, as discussões apontam ainda para o papel dos catadores nessa cadeia e, conseqüentemente, na renda e nos empregos gerados a partir da gestão desses materiais (LOPES et al., 2017, p. 152).

Para Guerra e Cunha (2013) a degradação da qualidade ambiental urbana em decorrência de condutas e atividades lesivas ao meio ambiente torna-se cada vez mais presente e visível ao cotidiano nas cidades brasileiras, expostas a toda sorte de impactos e agressões, advindos principalmente da intensa concentração da população e o contínuo processo de urbanização e industrialização.

Com relação a descontaminação dos ambientes sobretudo os aquáticos, para Ahmad et al. (2014), o uso de biochar (junção de biomassa mais carvão, em inglês) como sorvente para tratamento de águas residuais, contendo metais pesados, é uma tecnologia de tratamento emergente e promissora. Park et al. (2016), afirma que o Biochar poderia potencialmente substituir carbonos ativados à base de carvão e coco como adsorvente de baixo custo para contaminantes.

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 ÁREA DE ESTUDO

Para a realização deste estudo foi selecionada a área de floresta de mangue na foz do rio Meirim, na região metropolitana de Maceió, capital do Estado de Alagoas. A foz do Rio Meirim localiza-se no bairro de Pescaria, litoral norte de Maceió. O ponto escolhido é georreferenciado pelas coordenadas 9°30'26" S e 35°37'14" W (Figura 1). O rio Meirim nasce no município de Messias, zona da mata do Estado de Alagoas e corta

praticamente toda a capital, Maceió, no sentido Oeste-Norte, até desaguar no Oceano Atlântico.



Figura 1: Local da coleta: Mangue próximo a foz do Meirim.
Fonte: Google Mapas (2017), adaptado pelos autores.

3.2 COLETA DAS AMOSTRAS

Foram coletadas amostras de solo em 5 pontos da área estudada. As coletas foram realizadas no ano de 2017, nos meses de março e novembro. As coletas das amostras de solos seguiram a metodologia desenvolvida pela Embrapa (2011), com adaptações. As amostras de solo foram coletadas em “zig-zag” numa transeção estabelecida próxima à margem da área estudada e com diferentes graus de inundação. O espaçamento entre pontos foi de 10m. Em cada ponto houve a coleta de 4 amostras simples. Essas foram colocadas em um balde plástico previamente higienizado com água e sabão neutro. Foram homogeneizadas e transformadas em uma amostra composta. As amostras compostas tinham peso aproximado de 500g. As amostras foram armazenadas em sacos de plástico, etiquetadas e levadas ao laboratório para as análises. Os procedimentos de campo foram efetuados durante períodos de maré baixa com distância a partir de 2 metros da margem. As coletas foram realizadas com o amostrador específico para solos tipo Trado Holandês, fabricado em aço inox, da marca SoilControl.

3.3 PROCEDIMENTOS LABORATORIAIS

3.3.1 Análise físico química

No laboratório as amostras foram secas em estufa a 40°C por aproximadamente 24 horas. Logo após foi realizado o destorroamento manual e com rolo de madeira. As amostras destorroadas passaram por um conjunto de peneiras com malha entre 20 mm e

2 mm. Após essa etapa as amostras foram separadas de acordo com o resultado da tamisação em sacos plásticos para serem pesadas e classificadas. Foi realizado a análise granulométrica por via úmida (EMBRAPA, 2011).

O sedimento foi caracterizado granulometricamente nas frações areia, silte e argila. A areia foi fracionada de acordo com granulometria, em areia grossa e areia fina. A obtenção dos teores de matéria orgânica foi realizada por via úmida com dicromato de potássio em meio sulfúrico, empregando-se como fonte de energia o calor desprendido do ácido sulfúrico e aquecimento (EMBRAPA, 2011). O pH foi verificado por meio de eletrodo combinado imerso em suspensão solo/líquido (pH₂O).

3.3.2 Extração dos Metais

Os metais estudados nesta pesquisa foram: crômio, cádmio, chumbo, além de cobre, zinco, ferro e manganês. Foram extraídos pelo método Mehlich 1, cujo mecanismo de ação é a dissolução ácida, sendo utilizados o ácido sulfúrico (H₂SO₄) e o ácido clorídrico (HCl) a relação solo: solução foi de 1:10. A quantificação dos metais foi realizada por meio de espectrometria de absorção atômica com aparelho da Marca Analytik Jena modelo nova A300, no qual foram empregadas lâmpadas de cátodo oco, específicas para cada elemento.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A granulometria revelou um solo como o predomínio de areia com média de 597,5 g/Kg de solo, correspondendo a 60% da composição do solo. A argila apresentou média de 287,6 g/Kg de solo correspondendo a 29% da composição. A média de silte foi de 115,5 g/Kg de solo o que corresponde a 11%. Os resultados revelam um solo da classe textural franco arenoso. O percentual de matéria orgânica (M.O.) presente nas amostras variou de 1,04% a 23,27% de M.O, apresentando uma média de 6,84%.

Os valores de MO apresentam ampla faixa de variação na literatura, sendo classificados como inorgânicos, devido aos teores obtidos estarem abaixo de 10% de M.O. (ESTEVEZ, 2011). Segundo Cantarella et al. (1992), os teores de metais no solo aumentam com o aumento da matéria orgânica, uma vez que esses metais podem ficar adsorvidos nas partículas coloidais de M.O e não ficarem “biodisponíveis”. A quantidade de M.O encontrada neste trabalho se enquadra na mesma faixa das determinações do trabalho de Corrêa et al. (2012), no qual foram encontrados teores de M.O variando entre

2,1 a 14,6 %. E estão bem abaixo dos determinados no trabalho de Silva et al. (2014) onde foram encontrados teores de MO entre 14,6 a 20,4 %.

O pH médio detectado foi de 8,1. Em valores absolutos houve uma variação de 6,3 a 8,6 entre os pontos amostrados. Comparando-se os valores de pH encontrados nesse estudo com outros trabalhos realizados em áreas de solos inundados como o de Silva (2015), que estudou os solos do estuário da Bacia do Parnaíba (Paraíba) com pH entre 6,5 a 8,5 e com o de Wang et al. (2016), em estudo realizado no manguezal da Reserva Nacional da China, onde detectou o pH dos solos variando entre 5,99 a 8,26, com média de 7,53, observa-se que os valores são convergentes.

Abaixo são apresentados (tabela 01) os valores de referência elaborados pela “Canadian Council of Ministers of the Environment” (CCME, 2012), para concentrações de metais pesados em sedimentos em água, em solos inundados ou inundáveis. Esses valores referência são adotados pela Resolução nº 344 de 25 de março de 2004 do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA 344/04).

Tabela 01. Índices TEL (*Threshold Effect Level*) e PEL (*Probable Effect Level*),

METAIS PESADOS mg/Kg	Água doce			
	TEL	PEL	TEL	PEL
Cobre	35,7	197	34	270
Zinco	123	315	150	410
Chumbo	35	91,3	46,7	218
Cádmio	0,6	3,5	1,2	7,2
Crômio	37,3	90	81	370

Fonte: Resolução CONAMA 344/04 (BRASIL,2004).

*Adaptada: (CCME, 2012) e Resolução CONAMA344/04.

Os índices TEL (*Threshold Effect Level*) e PEL (*Probable Effect Level*), representam os limites mínimos e máximos de probabilidade de ocorrência de efeito deletério sobre a biota. O menor limite - TEL (*Threshold Effect Level*) - representa a concentração abaixo da qual raramente são esperados efeitos adversos para os organismos. O limite máximo - PEL (*Probable Effect Level*) representa o maior limite, a concentração acima da qual são frequentemente esperados efeitos adversos para os organismos.

O Cobre foi detectado com valor médio de 0,89 mg/Kg de solo do estuário do rio Meirim. Comparando-se essa concentração com os valores referência TEL e PEL,

percebe-se que não há indicativos de possíveis efeitos a comunidade biológica. Essas concentrações estão abaixo também de valores encontrados em estudos semelhantes como Su & Yang (2008), que estabeleceram como valor de referência para solos na Ásia a concentração 5,1 mg/kg de cobre, e Wang et al. (2016), que detectou cobre na faixa entre 16,84 mg/kg a 26,66 mg/kg, em solos de mangue da Reserva Nacional da China.

Para o chumbo a detecção média foi de 3,92 mg/kg, o que verificasse ser bem abaixo dos índices referência. Abaixo também de índices observados por Wang et al. (2016) que detectou índices entre 36,7 a 44,02 mg/kg de chumbo e Quináia et al. (2009) avaliaram sedimentos superficiais em Guarapuava (PR), e registraram concentrações de chumbo variando entre 7 e 320 mg/kg de chumbo. A concentração de ferro detectada variou entre 2,55 mg/Kg a 609 mg/Kg, com valor médio de 352,6 mg/Kg. Na ausência de valores norteadores para o ferro, nos índices TEL e PEL, tomou-se como referência o limite estabelecido pela *Environmental Protection Agency* – EPA: Fe = 17000 mg/kg. Ficando as concentrações para o solo do rio Meirim muito abaixo da referência.

O zinco foi detectado média de 7,09 mg/kg, e variação em números absolutos de 0,2 a 12,14 mg/Kg de solo. Também bem abaixo dos valores referência, mas muito próximo de valores detectados por outros trabalhos como Coimbra et al. (2015), zinco na de 5,9 mg/kg a 281,0 mg/kg no estuário do rio Maracaípe em Pernambuco e Carvalho (2014), que detectou valores de zinco na faixa de 2,11 a 11,29 mg/kg no solo do manguezal da Ilha do Maranhão. Os resultados para o cádmio e crômio, também não foram muito diferentes dos demais, ambos ficando abaixo dos índices considerados preocupantes. A concentração média de cádmio foi de 0,56 mg/kg de solo, e a de crômio de 1,36 mg/Kg. O manganês é um metal que não apresenta valores referencias quanto a toxidez para biota em função de sua concentração solo. Ele foi detectado nos sedimentos do solo do rio Meirim em concentração média de 3,9 mg/Kg.

5 CONCLUSÕES

Os solos do rio Meirim apresentaram uma classificação textural franco arenosa, o que indica um alto índice de areia e sua constituição; este fato é comum em áreas de estuário, em especial de manguezais. Apesar da geoquímica dos metais ser bastante complexa, esse fato beneficia esses ambientes em relação a retenção de metais pesados, já que estes apresentam grande afinidade com sedimentos finos como os de argila.

As análises mostraram a presença dos 7 metais propostos na pesquisa Cu, Zn, Pb, Cd, Fe, Mn e Cr. Todos os metais foram detectados em concentrações dentro de limites

aceitáveis para a comunidade biótica. Isso ficou claro ao se confrontar os resultados aos índices TEL e PEL, a resolução CONAMA 344/04 (BRASIL, 2004) e ao índice EPA.

Por fim, o estudo mostra que a análise dos sedimentos pode, portanto, contribuir para ações de monitoramento ambiental, subsidiando a implantação e desenvolvimento de políticas públicas que visem controlar o uso racional e sustentável dos recursos naturais das áreas do estudadas.

REFERÊNCIAS

ALAGOAS. Instituto do Meio Ambiente do Estado de Alagoas. **Cobertura vegetal do Estado de Alagoas e mangues de Alagoas**. Maceió: IMA, 2010.

ALLOWAY, B. J. **Heavy metals in soils**. Glasgow: Blackie Academic & Professional, 1990.

ANDRADE, C. L. N. et al. Biogeoquímica da matéria orgânica e metais em um manguezal na zona estuarina urbana, Bahia, **Revista Geonomos**, v. 20, n. 2, p. 34-43, 2012.

ANDRADE, K. V. S. **A dinâmica físico-química dos solos de florestas de mangue do Estado de Sergipe**. 2013. 53 f. Dissertação (Mestrado em Agroecossistemas) – Universidade Federal de Sergipe. São Cristóvão, 2013.

AGUIRRE-RUBÍ, J. R. et al. Chemical contamination assessment in mangrove-lined Caribbean coastal systems using the oyster *Crassostrea rhizophorae* as biomonitor species. **Environmental Science and Pollution Research**, Berlin, p. 1–20, maio. 2017.

AHMAD, M. et. al. Biochar as a sorbent for Contaminant management in soil and water: a review. **Chemosphere**, v. 99, p. 19-23, mar. 2014.

AQUINO, J. G. Perigos relativos ao descarte inadequado de resíduos eletroeletrônicos domésticos. In: BEZZERA, R. P. L.; AGUIAR, W. J.; EL-DEIR, S. G. (Org.). **Resíduos sólidos: gestão em indústrias e novas tecnologias**. Recife: EDUFRPE, 2017. p. 174-187.

BAYEN, S. Occurrence, bioavailability and toxic effects of trace metals and organic contaminants in mangrove ecosystems: A review. **Environment International**, v. 48, p. 84-101, nov. 2012.

BRASIL. Conselho Nacional do Meio Ambiente. Resolução Nº 344, de março de/2004. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**, Brasília, 2004. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br>>. Acesso em: 05 out. 2017.

CANTARELLA, H.; ABREU, C.A.; BERTON, R.S. Fornecimento de nutrientes pela matéria orgânica. In: ENCONTRO SOBRE MATÉRIA ORGÂNICA DO SOLO - PROBLEMAS E SOLUÇÕES, 1992, Botucatu. **Anais**. Botucatu: Faculdade de Ciências Agronômicas, 1992, p. 63-122.

CARVALHO, L. M. S. **A biogeoquímica de metais em sedimentos de manguezal na Ilha do Maranhão**. 2014. 83 f. Dissertação (Mestrado em Química)-Universidade Federal do Maranhão, São Luiz, 2014.

FRANÇA, Canadian Council of Ministers of the Environment. **Canadian environmental quality guidelines**. França: CCME, 1999. Disponível em: <<http://ceqg-rcqe.ccme.ca>>. Acesso em: 13 ago. 2017.

COIMBRA, C. D. et. al. Determinação a concentração de metais traço em sedimentos do Estuário do Rio Maracáipe – Pe/Brasil. **Brazilian Journal of Aquatic Science and Technology - BJA**ST, Itajaí, v. 19, n. 2, p. 58-75, 2015.

CORREIA, M. D.; SOVIERZOSKI, H. H. **Ecosistemas marinhos: recifes, praias e manguezais**. Maceió: EDUFAL, 2005.

CORRÊA, L. B. **Distribuição e fracionamento de metais traço nos sedimentos dos rios Anil e Bacanga, São Luís – MA**. 2012. 82 f.. Dissertação (Mestrado em Química)-Universidade Federal do Maranhão, São Luís, 2012.

DONATO, D. C. et. al. Mangroves among the most carbon-rich forests in the tropics. **Nature GeoScience**, n. 4, p. 293-297, abr. 2011.

DUARTE, C.; MIDDELBURG, J.; CARACO, N. Major role of marine vegetation on the oceanic carbon cycle. **Biogeosciences**, v. 2, p. 1-8, fev. 2005.

DUFFUS, H. S. “Heavy Metals”—A Meaningless term International union of pure and applied chemistry and human heal division clinical chemistry section commission of toxicology mistry section, comission on toxicology. **Pure and Applied Chemistry**, Oxford, v. 74, n. 5, p. 793–807, 2004.

DUKE, N. C; BALL, M. C.; ELLISON, J. C. Factors influencing biodiversity and distributional gradients in mangroves. **Global Ecology and Biogeography Letters**, v. 7, n. 1, p. 27-47, jan. 1998.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Manual de métodos de análise de solo**. Rio de Janeiro: EMBRAPA, 2011.

SANTOS, H. G. S. et. al. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Brasília: EMBRAPA, 2013.

ESTEVES, F. A. **Fundamentos de Limnologia**. Rio de Janeiro: Interciência, 2011.

GIRI, C. et. al. Status and distribution of mangrove forests of the world using earth observation satellite data. **Journal Article**, v. 20, n.1, p. 154-159, jan. 2011.

GUERRA, A. J. T.; CUNHA, S. B. **Impactos ambientais urbanos no Brasil**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2013.

HERZ, R. **Manguezais do Brasil. Instituto Oceanográfico**. São Paulo: Universidade de São Paulo, 1991.

JAIN, C.; MALIK, D.; YADAV, R. Metal fractionation study on bed sediments of Lake Nainital, Uttaranchal, India. **Environ Monit Assess**, v. 130, p. 129–139, 2007.

LACERDA, L. D. et. al. **Atlas dos manguezais do Nordeste do Brasil: avaliação das áreas de manguezais dos Estados do Piauí, Ceará, Rio Grande do Norte, Paraíba e Pernambuco**. Ceará: Universidade Federal do Ceará, 2006.

LEWIS, M.; PRYOR, R.; WILKING, L. Fate and effects of anthropogenic chemicals in mangrove ecosystems: A Review. **Environmental Pollution**. v. 159, p. 2328 – 2346, 2011.

LIMA, D. P. **Avaliação da contaminação por metais pesados na água e nos peixes da bacia do Rio Cassiporé, Estado do Amapá, Amazônia Brasil**. 2013, 147 f. Dissertação (Mestrado em Biodiversidade Tropical)-Universidade Federal do Amapá, Macapá, 2013.

LOPES, L. M. M. et. al. Lixo eletrônico arrecado nos anos 2014 e 2015 em municípios do agreste e do sertão de Pernambuco. In: BEZZERA, R. P. L.; AGUIAR, W. J.; EL-DEIR, S. G. (Org.). **Resíduos sólidos: gestão em indústrias e novas tecnologias**. Recife: EDUFRPE, 2017. p. 150-162.

MADI, A. P. L. M.; BOEGER, M. R. T.; REISSMANN, C. B. Chemical composition of soil and leaves and nutrient use efficiency of mangrove species. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 19, n. 5, p. 433-438, 2015.

MALAVOLTA, E. **Manual de nutrição mineral de plantas**. São Paulo: Agronômica Ceres, 2006.

MARQUES, J. F. et. al. Gerenciamento de lâmpadas fluorescentes após projeto de iluminação led; *case* do escritório da acumuladores Moura (Recife-PE). In: BEZZERA, R. P. L.; AGUIAR, W. J.; EL-DEIR, S. G. (Org.). **Resíduos sólidos: gestão em indústrias e novas tecnologias**. Recife: EDUFRPE, 2017. p. 163-173.

MELO, E. V. F.; ALLEONI, L. R. F. **Química e mineralogia do solo**. Viçosa-MG: SNCS, 2009.

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**. 2014, 164f. Tese (Doutorado em Geografia) – Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2014.

QUINÁIA, S. P.; CAVAGNOLI, A. R.; MARTINS, V. J. Avaliação da Distribuição de Cr, Pb e Cu em sedimentos superficiais. **Revista Ciências Exatas e Naturais**, v. 11, n.1, p. 50-66, 2009.

PARK, J. et al. Chemosphere Competitive adsorption of heavy metals onto sesame straw biochar in aqueous solutions. **Chemosphere**, v. 142, p. 77–83, 2016.

PRIETO, A. et. al. Levels and spatial distribution of inorganic and organic contaminants in sediments along the Bilbao estuary. **Marine Pollution Bulletin**, v. 56, n. 12, p. 2094-2099, 2008.

SCHAEFFER-NOVELLI, Y. Manguezal, marisma e apicum (Diagnóstico Preliminar). In: FUNDAÇÃO IO-RIO. **Avaliações e ações prioritárias para conservação da biodiversidade das Zonas Costeira e Marinha**. Brasília: MMA/SBF, 2002.

SILVA, G. S. et. al. Distribution and Fractionation of Metals in Mangrove Sediment from the Tibiri River Estuary on Maranhão Island, Amazon Region. **Revista Virtual Química**, v. 6, n. 2, p. 323-336, 2014.

SILVA, P. P. G. **Contaminação por metais (Cd, Cu, Pb, Cr, Mn e Hg) e avaliação do impacto genotóxico em *Ucidescordatus* (Linnaeus, 1763) (Brachyura, Ucididae), em dois manguezais do Estado de São Paulo.** 2011, 62 f. Trabalho de conclusão (Bacharelado em Ciências Biológicas)-Universidade Estadual Paulista, São Vicente, 2011.

SILVA, W. M. **Metais pesados em solos de manguezais em estuários da bacia Paraíba, Nordeste do Brasil.** 2015, 64 f. Dissertação (Mestrado em Ciências do Solo)-Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, 2015.

SOARES, M. S. **Análise do estado de conservação do Manguezal do Rio Sergipe.** 2016, 104 f. Tese (Doutorado em Ecologia e Recursos Naturais)-Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2016.

SPALDING, M.; KAINUMA, M.; COLLINS, L. **World Atlas of Mangrove.** London: Earthscan Publications. 2010.

SU, Y. Z.; YANG, R. Background concentrations of elements in surface soils and their changes as affected by agriculture use in the desert-oasis ecotone in the middle of Heihe River Basin, North-west China. **Journal of Geochemical Exploration**, v. 98, n. 3, p. 57-64, 2008.

WANG, J. et. al. Environmental and Ecological Risk Assessment of Trace Metal Contamination in Mangrove Ecosystems: A Case from Zhangjiangkou Mangrove National Nature Reserve, China. **BioMed Research International**, p. 1-14, jan. 2016.

ZAHRA, A. et. al. Enrichment and geo-accumulation of heavy metals and risk assessment of sediments of the KurangNallah—Feeding tributary of the Rawal Lake Reservoir, Pakistan. **Science of the Total Environment**, v. 470–471, p. 925–933, 2014.