



**UNIVERSIDADE FEDERAL DA BAHIA
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS
CURSO DE GRADUAÇÃO EM OCEANOGRAFIA**

MATEUS ANTÔNIO SILVA PEREIRA SANTOS

**DISTRIBUIÇÃO DE METAIS EM SEDIMENTOS
SUPERFICIAIS COLETADOS NA BAÍA DE TODOS OS
SANTOS - BA - BRASIL**

**Salvador
2016**

MATEUS ANTÔNIO SILVA PEREIRA SANTOS

**DISTRIBUIÇÃO DE METAIS EM SEDIMENTOS
SUPERFICIAIS COLETADOS NA BAÍA DE TODOS OS
SANTOS - BA - BRASIL**

Monografia apresentada ao Curso de Graduação em Oceanografia, Instituto de Geociências, Universidade Federal da Bahia, como requisito parcial para a obtenção do grau de Bacharel em Oceanografia.

Orientadora: Prof.^a Dr.^a Ana Cecília Rizzatti de Albergaria Barbosa

Salvador
2016

MATEUS ANTÔNIO SILVA PEREIRA SANTOS

**DISTRIBUIÇÃO DE METAIS EM SEDIMENTOS
SUPERFICIAIS COLETADOS NA BAÍA DE TODOS OS
SANTOS - BA - BRASIL**

Monografia apresentada como requisito parcial para a obtenção do grau de Bacharel em Oceanografia, Instituto de Geociências, Universidade Federal da Bahia.

Aprovada em 30 de maio de 2016.

Banca Examinadora

Ana Cecília Rizzatti de Albergaria Barbosa – Orientadora

Doutora em Oceanografia Química e Geológica pela Universidade de São Paulo, USP, Brasil.

Universidade Federal da Bahia

Ilene Matanó Abreu

Doutora em Geoquímica pela Universidade Federal Fluminense.

Universidade Federal da Bahia

Antônio Fernando de Souza Queiroz

Doutor em Geoquímica Ambiental/Geoquímica de Manguezais pela Université Louis Pasteur de Strasbourg, Strasbourg, França.

Universidade Federal da Bahia.

AGRADECIMENTOS

Primeiro à minha mãe (Solange Cruz Silva), que carregou todos esses anos uma bandeira, a minha bandeira, e sempre fez tudo que pôde pra que eu pudesse chegar até aqui. Ao meu irmão (Marcus Antônio Silva Pereira Santos), que sempre foi um grande companheiro, conselheiro, alguém que sempre me incentivou a ir mais além.

À Professora Ana Cecília Rizzatti de Albergaria Barbosa pela orientação, pelo apoio, confiança, e, principalmente, pela paciência. A ela tenho como amiga.

Agradeço também aos professores do curso de bacharelado em Oceanografia da Universidade Federal da Bahia, principalmente à Hebe Queiroz, Guilherme Lessa, José Maria Landim, Paulo Mafalda, Raquel Saraiva e Vanessa Hatje. Eles ajudaram na construção de alicerces que baseiam o meu conhecimento da Oceanografia.

Ao corpo técnico do LEPETRO: Sarah Nascimento, Gisele Moraes, Karina, Regina, Rui, Jucineide, Isabel, Jorginho, Adriana, Cícero e Alex pelo carinho e suporte

Ao professor Marcos Moura, que com os Professores do Instituto de Biologia, Rodrigo Jhonson e Elizabeth Neves, abriram, pela primeira vez, as portas de um laboratório para mim (O LABIMAR). A eles agradeço imensamente o apoio, aprendizado e amizades que fiz com Amilcar, Iaslane, Paulla, André, Áurea, Cristiano, Roberta, Luiza e Camila. Todos vocês têm um significado especial para mim dentro dessa trajetória que enfrentei na Universidade.

Aos professores Rui Kikuchi e Marília Oliveira, que me receberam como orientando no laboratório de recifes de corais (RECOR) e também aos integrantes do grupo de pesquisa que me acompanharam (Bruno, Laís e Fernando). O aprendizado que tive neste período é de grande valia, mostra o quanto eu cresci pessoalmente. A convivência com cada um de vocês me tornou uma pessoa mais madura.

Aos meus professores do Ensino Médio, Ana Carolina, Débora Valverde, Shirley Shram, Lucinéia Venâncio. Essa conquista tem um pouco de vocês também, pois apesar das dificuldades enfrentadas em um colégio público vocês, criaram em mim a vontade e responsabilidade de estudar.

A Sara Rebouças, uma das pessoas mais importantes que conheço, que sempre fez parte de minha vida. Desconheço na face da terra melhor ser humano. Sempre foi como uma dádiva de Deus para mim.

Aos amigos Leonidas, Rani, Natalie, Hanna, Mirela, Ivenis, Deco, Maurício, Rodrigo, Tamires, Elissama e Brisa, os quais entraram no curso de Oceanografia junto comigo, e a Ana Paula. Não conseguiria aqui descrever o tamanho do significado de vocês em minha vida, o crescimento que tive como ser humano foi imenso, do apoio nos momentos difíceis, de cada risada e cerveja consumida juntos. Eu amo muito vocês, “guys”, e sempre quero tê-los presentes em minhas jornadas.

Aos amigos que fiz fora da Universidade, Marcos, Gabriel, Fernando, Flávia, Ian, Danilo, Matheus, Rodrigo e Luy. Vocês me incentivaram de alguma forma e enxergaram sempre o meu melhor. A vocês, o meu muito obrigado.

Aqui cabe um agradecimento especial a Marcos de Almeida, que junto a professora Ana teve a ideia da realização deste trabalho. Não poderia esquecer, também, de Lucas, Ayran e Nathália, que fazem parte do grupo de pesquisa. Obrigado pela diversão e pela ajuda na realização das atividades em laboratório e dicas.

À Rita de Cássia, nossa Secretária do Colegiado. Pela atenção e por ajudar em questões burocráticas.

Ao Prof. Dr. Paulo Mafalda, que me ajudou com os resultados estatísticos.

Aos órgãos de pesquisa que me concederam bolsa de iniciação científica (CNPq e FAPESB).

À banca examinadora por suas contribuições, as quais certamente irão ser importantes para a minha formação.

*“Se um dia você perder
a confiança em mim,
eu quero que você continue
confiando nas pessoas.”*

Bruce Wayne

RESUMO

A Baía de Todos os Santos (BTS) é uma das maiores e mais importantes baías do Brasil. Seu valor histórico remete ao início da colonização portuguesa no país, onde servia como um grande ponto comercial às rotas marítimas. Atualmente, a BTS conta com a presença de diversas indústrias, grandes portos e complexos urbanos desenvolvidos, que acabam contaminando a área, inclusive com metais. O presente trabalho objetiva avaliar a concentração de elementos metálicos maiores (Fe, Al), menores (Mn), traços (Pb, Cd, Zn, Cr, Ni, Cu, V, Ba) e As em sedimentos superficiais, coletados na BTS. Para isso com o auxílio de um van-veen, foram coletados 24 amostras de sedimento superficial ao longo da baía. Os metais dessas amostras foram avaliados através de um espectrômetro de Emissão Óptica com Fonte de Plasma Indutivamente Acoplado (ICP-OES). As concentrações de metais estiveram próximas de regiões moderadamente contaminada. Apenas Cd e Zn, não apresentaram concentrações acima daquelas fornecidas pela NOAA (TEL e PEL) e CONAMA (níveis 1 e 2). Suas concentrações variaram de 0,01 a 0,28 mg Kg⁻¹, 4,63 mg Kg⁻¹ a 120 mg Kg⁻¹, respectivamente. As demais concentrações variaram de 1,57 mg Kg⁻¹ a 35,4 mg Kg⁻¹ para o Pb, 5106 mg Kg⁻¹ a 72186 mg Kg⁻¹ para o Al, 2941 mg Kg⁻¹ a 28806 mg Kg⁻¹ para o Fe, 53,7 mg Kg⁻¹ a 1024 mg Kg⁻¹ para o Mn, 2,25 mg Kg⁻¹ a 21,6 mg Kg⁻¹ para o As, 0,21 mg Kg⁻¹ a 38,5 mg Kg⁻¹ para o Cu, 1,97 mg Kg⁻¹ a 39,0 mg Kg⁻¹ para o Ni, 8,25 mg Kg⁻¹ a 100 mg Kg⁻¹ para o Cr, 8,02 mg Kg⁻¹ a 64,3 mg Kg⁻¹ para o V e 2,69 mg Kg⁻¹ a 102 mg Kg⁻¹ para o Ba. Houve uma forte correlação positiva para os metais (exceto As e Cd) com a porcentagem lamosa e o nitrogênio total ($r > 0,8$), no entanto, todos apresentaram correlação significativa com esses dois parâmetros ($p < 0,05$). Este fato parece indicar que os metais têm maior tendência a ficarem adsorvidos nas frações mais finas dos sedimentos e que processos de complexação organo-metálica estão ocorrendo nos sedimentos. A maioria dos metais apresentam forte correlação entre si, o que parece indicar que as fontes de contaminação destes para a BTS são as mesmas, excetuando-se o Cd e As.

Palavras-chave: Metais, Contaminação, Baía de Todos os Santos

ABSTRACT

The Todos os Santos Bay is one of the largest and most important bays in Brazil. Its historical value refers to the beginning of the Portuguese colonization in the country, where it served as a major trading point for maritime routes. Currently the BTS region has several industries, large ports and developed urban complexes, which end up contaminating the area, including metals. This study aims to evaluate the concentration of major metallic elements (Fe, Al), lower (Mn), traces (Pb, Cd, Zn, Cr, Ni, Cu, V, Ba) and As in surface sediments collected in the BTS. For this with the aid of a van-veen they were collected 24 samples of surface sediment along the bay. The metals of these samples were evaluated by an Optical Emission Spectrometer with source Inductively Coupled Plasma (ICP-OES). The metal concentrations were close moderately contaminated regions. The Cd and Zn showed no concentrations above those provided by NOAA (TEL and PEL) and CONAMA (Níveis 1 and 2). Their concentrations vary from 0.01 to 0.28 mg Kg⁻¹, 4.63 mg Kg⁻¹ to 120 mg Kg⁻¹, respectively. The other concentrations vary from 1.57 mg Kg⁻¹ to 35.4 mg Kg⁻¹ for Pb, 5106 mg Kg⁻¹ to 72186 mg Kg⁻¹ for Al, 2941 mg Kg⁻¹ to 28806 mg Kg⁻¹ for Fe, 53,7 mg Kg⁻¹ to 1024 mg Kg⁻¹ for Mn, 2,25 mg Kg⁻¹ to 21,6 mg Kg⁻¹ for As, 0,21 mg Kg⁻¹ to 38,5 mg Kg⁻¹ for Cu, 1,97 mg Kg⁻¹ to 39,0 mg Kg⁻¹ for Ni, 8,25 mg Kg⁻¹ to 100 mg Kg⁻¹ for Cr, 8,02 mg Kg⁻¹ to 64, 3 mg Kg⁻¹ for V e 2,69 mg Kg⁻¹ to 102 mg Kg⁻¹ for Ba. There was a strong positive correlation to the metals (except As and Cd) with muddy percentage and total nitrogen ($r > 0,8$), however, all showed significant correlation with these two parameters ($r < 0,05$). This fact seems to indicate that the metals are more likely to become adsorbed on the finer fractions of the sediments and organo-metal complexation processes are occurring in the sediments. Most metals are strongly correlated, which suggests that the sources of contamination of these to the BTS are the same, except for Cd and As.

Keywords: Metals, contamination, Todos os Santos Bay

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

- Figura 1: Localização geográfica da Baía de Todos os Santos. Fonte: CIRANO & LESSA (2007) _____ 13
- Figura 2: Mapa batimétrico da Baía de Todos os Santos. Fonte: IBGE (2011) _____ 20
- Figura 3: Distribuição de fácies texturais na Baía de Todos os Santos. Fonte: LESSA E DIAS (2009). _____ 21
- Figura 4: Pontos de amostragem dos sedimentos na Baía de Todos os Santos. Fonte: Adaptado do *software Google Earth* (2015) _____ 22
- Figura 5: Concentração de Al (a), As (b), Cd (c) e Cu (d) em sedimentos para as 24 estações de coleta na Baía de Todos os Santos. Fonte: Santos (2016) _____ 29
- Figura 6: Concentração de Pb (a), Ni (b), Ba (c) e Zn (d), V(e), Mn(f), Cr (g) e Fe (h) em sedimentos para as 24 estações de coleta na Baía de Todos os Santos. Fonte: Santos (2016) _____ 30
- Figura 7: Padrão de circulação residual lagrangeana (em azul) e eulariana (em vermelho) na área central da Baía de Todos os Santos, ao final do ciclo de maré, sem considerar o cisalhamento eólico. O sentido de rotação dos vórtices residuais é também indicado. Área circulada corresponde a região de menor velocidade da circulação residual e onde estão os pontos S19, S20 e S24. Fonte: LESSA et al., (2009) apud XAVIER (2002) _____ 22
- Figura 8: Análise de Componentes Principais obtida na Baía de Todos os Santos, Bahia, Brasil. Juntos os componentes explicaram 91%, sendo dividido em dois grupo um formado pela granometria silte que explica 83% da variância dos dados, enquanto que o agrupamento formado pela granulometria areia apenas 8%.. _____ 38

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Posicionamento dos pontos de amostragem em coordenadas geográficas ____ 23

Tabela 2: Concentrações dos metais e arsênio (mg Kg^{-1}) encontrados nos sedimentos coletados nas 24 estações da Baía de Todos os Santos, valores médios e os valores propostos pelo Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA): Nível 1 que se refere ao limiar onde há baixa probabilidade de efeitos tóxicos à biota; e o Nível 2, onde se espera um provável efeito adverso a mesma. E concentrações fornecidas pela *National Oceanographic and Atmospheric Administration* (NOOA): Threshold effect level (TEL), concentrações onde provavelmente não se observa efeitos tóxicos e Probable effect level (PEL) concentração onde os efeitos adversos são esperados. _____ 27

Tabela 3: Concentrações máximas, mínimas ou médias de elementos metálicos maiores (Fe e Al) e menores (Mn) (mg Kg^{-1}) em sedimentos da Baía de Todos os Santos (BTS) e outras baías costeiras. _____ 28

Tabela 4: Concentrações máximas, mínimas ou médias de elementos metálicos traços (Pb, Cd, Zn, Cr, Ni, Cu, V, Ba) (mg Kg^{-1}) e As em sedimentos da Baía de Todos os Santos (BTS) e outras baías costeiras. _____ 27

Tabela 5: Valores medidos dos conteúdos de carbono orgânico total (COT; %), nitrogênio total (Nt; %) e granulometria (areia, silte e argila; %). _____ 33

Figura 6: Coeficiente de correlação (r) de Person entre as variáveis ambientais, Carbono Orgânico Total (COT), Nitrogênio Total (Nt), as frações areia, silte e argila dos sedimentos e metais. Todas as correlações foram significativas ($p < 0,05$) e as fortes correlações positivas e negativas estão em negrito. _____ 34

LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

APA – Área de proteção ambiental

BTS – Baía de Todos os Santos

CIA – Centro Industrial de Aratú

CIS – Centro Industrial Subaé

CONAMA – Conselho Nacional do Meio Ambiente

COT – Carbono Orgânico total

NOAA – National Oceanic and Atmospheric Administration

NT – Nitrogênio total

PEL – Probable effect level

ppb – Parte por bilhão

ppm – Partes por milhão

RLAM – Refinaria Landulpho Alves

TEL – Threshold effect level

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	13
1.1 BAÍA DE TODOS OS SANTOS.....	13
2.2 METAIS.....	15
2. OBJETIVO	18
2.1 OBJETIVO GERAL	18
2.2 OBJETIVO ESPECÍFICO	18
3. ÁREA DE ESTUDO.....	19
4. MATERIAIS E MÉTODOS.....	22
4.1 MÉTODO DE COLETA	22
4.2 ANÁLISE DE METAIS E AS.....	23
4.3 ANÁLISES ESTATÍSTICAS	24
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	25
5.1 NÍVEL DE TOXICIDADE	31
4.2 ANÁLISES ESTATÍSTICAS	31
6. CONCLUSÃO	36
4. REFERÊNCIAS.....	37

1. INTRODUÇÃO

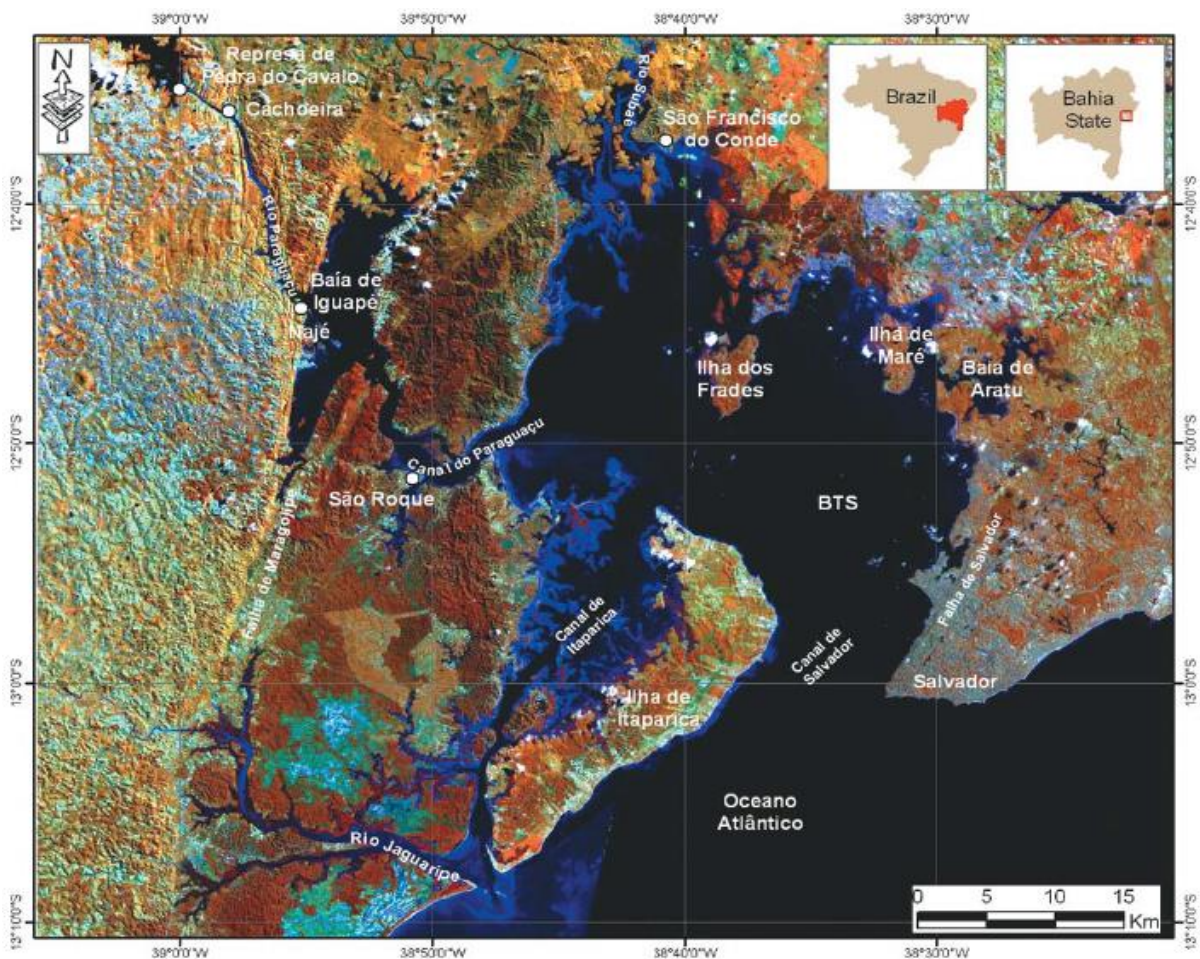
A caracterização oceanográfica de uma baía é de um corpo de água parcialmente fechado por terra, e com uma abertura para o mar (Nações Unidas, 1983). Ela se estende desde o limite terrestre de fácies de maré em sua cabeceira até o limite marítimo de fácies costeiras em sua jusante (BUATOIS et al., 2003).

Diversas baías ao redor do mundo vêm sofrendo com processos de contaminação. Os principais responsáveis por isso são os dejetos lançados por indústrias, e centros urbanos, bem como atividades portuárias que nelas são desenvolvidas (ARAÚJO et al., 2015).

1.1. BAÍA DE TODOS OS SANTOS

A Baía de Todos os Santos (BTS) (Figura 1) é uma das maiores baías do Brasil com 1.233 km² (MANSO et al., 2008). Ela está localizada no Recôncavo Baiano, entre as coordenadas 12°50' S e 38°38' W (HATJE & ANDRADE, 2009).

Figura 1 - Localização geográfica da Baía de todos os Santos. Fonte: CIRANO & LESSA, (2007)



A BTS apresenta grande importância ecológica, social e econômica ao Estado da Bahia e ao Brasil. No período colonial a região passou a ser usada como abrigo aos primeiros colonizadores. Sua possibilidade de acesso às outras regiões continentais é outro fator que contribuiu para sua ocupação (HATJE & ANDRADE, 2009).

Após a chegada dos portugueses, começaram a surgir pequenos povoados na baía, como o Arraial do Pereira, que tornaria-se a cidade de Vila Velha. Essa seria integrada a cidade de Salvador, primeira capital do país (CARDOSO et al., 2011). Isso conferiu à BTS uma grande importância, uma vez que ela tornou-se a principal rota de acesso à capital, e pôde tornar-se um ponto importante de escoamento e produção de insumos (LISBOA, 2013).

Algumas das principais cidades da região metropolitana de Salvador e do Recôncavo Baiano estão localizadas no entorno da BTS. Dentre elas: Cachoeira, Candeias, Itaparica, Jaguaripe, Madre de Deus, Maragogipe, Salinas da Margarida, Salvador, Santo Amaro, São Félix, São Francisco do Conde, Saubara, Simões Filho, Vera Cruz (BARRETO, 2013). No total, a BTS conta com um contingente populacional maior que 3 milhões de habitantes em suas proximidades (IBGE, 2016).

Diversas pesquisas têm demonstrado que a contaminação de esgotos na BTS é elevada, uma vez que muitas cidades em suas proximidades não possuem sistema de tratamento sanitário para resíduos domésticos, ou esse é ineficaz (ROCHA et al., 2012; MARCHI, 2005 e FIOCRUZ, 2009).

Além do desenvolvimento urbano, a região da BTS conta com a presença de atividades petroquímicas e grandes complexos industriais. O primeiro poço brasileiro de petróleo foi encontrado na BTS em 1950, na região do Lobato, em Salvador (CELINO & QUEIROZ, 2006). A partir daí, começaram a ser desenvolvidas atividades petrolíferas na região, o que culminou com a criação da Refinaria Landulpho Alves (RLAM) e, posteriormente, o Complexo Petroquímico de Camaçari. Esse veio a se tornar o maior polo petroquímico do hemisfério sul (HATJE & ANDRADE, 2009), abrigando diversas indústrias químicas e produzindo diversos insumos petrolíferos, como nafta, gasóleo e gás natural (OLIVEIRA, 2004).

A região também abriga dois dos maiores centros industriais do Nordeste, o Centro Industrial Subaé (CIS) e o Centro Industrial de Aratú (CIA), implantados, nas décadas de 80 e 70, respectivamente (SILVA, 2010; SOUZA, 2014). Fazem parte do CIA, empreendimentos dos segmentos químicos, metal-mecânico, componentes para calçados,

alimentício, metalúrgico, de minerais não metálicos, plásticos, fertilizantes, eletroeletrônicos, bebidas, têxtil, e termoelétrico (SOUZA, 2014). Enquanto que o CIS conta com indústrias metalúrgicas, de gênero alimentício e mais recentemente uma empresa ligada a análise de informação (SILVA, 2010). Logo a economia da região passou a basear-se na petroquímica e na indústria. Atualmente O PIB produzido pelas cidades do entorno da BTS corresponde a 37,62% de todo o PIB do Estado da Bahia (FREITAS, 2011; SETUR, 2010).

A BTS possui ainda alguns estaleiros. O maior deles, o Enseada do Paraguaçu, fica em Maragojipe, na foz do rio Paraguaçu. Para sua construção, atividades de dragagem foram necessárias, estima-se que essa possa disponibilizar contaminantes. Além disso, as atividades de reparo e construções de embarcações promovidas no estaleiro despejam contaminantes nessa área de estudo (PEREIRA, 2014).

A BTS conta, ainda, com a presença de portos em seu interior. Esses foram implantados devido à característica do canal de entrada da baía ser naturalmente navegável, e por seu interior ter canais internos profundos (SETUR, 2010). A área conta com dois grandes portos: de Aratu e de Salvador. Este último possui um perfil exportador de produtos e se destaca na movimentação de contêineres, cargas gerais, trigo, celulose e também na recepção de cruzeiros marítimos. O de Aratu se caracteriza como um dos maiores escoadouros de produção química e petroquímica do país (CODEBA, 2016).

Todas essas atividades humanas supracitadas são fontes de contaminação para a BTS (HATJE *et al.* 2009). Dentre as possíveis classes de compostos introduzidos através de ações antrópicas, temos os metais (JESUS *et al.*, 2004).

Alguns estudos avaliaram a contaminação por metais na BTS, relatando diversas fontes de contaminação para a área e níveis de concentração em sedimentos acima dos estabelecidos por agências reguladoras. Estes estudos estão concentrados em regiões mais ao norte da BTS, onde estão alocadas a maiorias das indústrias que são fontes desses compostos para a região a exemplo da RLAM, o porto de Aratú, e Indústria Química da Bahia. Poucos estudos foram realizados em regiões mais ao sul da BTS, na região entre Itaparica e Salvador e a jusante da baía (HATJE & ANDRADE 2009; ROCHA *et al.*, 2012; FALCÃO 2012).

1.2 METAIS

Os metais constituem quase que 80% da tabela periódica. Eles caracterizam-se por possuir boa condução térmica e elétrica em função da mobilidade de elétrons na sua rede metálica. Além disso, apresentam elevada ductibilidade, elevados pontos de fusão e ebulição, grande reatividade e elevado potencial conservativo (BRADY & HUMISTON, 1986).

Os metais são elementos biogeoquimicamente ciclados desde a formação do planeta, ocorrendo de forma natural em baixas proporções em ppm ou ppb. Eles são levados ao meio marinho por meio da lixiviação e erosão de rochas e solos (KIM et al., 2008).

Atualmente, os metais, são usados constantemente em atividades antrópicas, as quais têm disponibilizado-os para o meio ambiente, provocando uma elevação em suas concentrações naturais (KIM et al., 2008). Suas principais fontes antrópicas para ecossistemas, inclusive marinhos, são provenientes de efluentes domésticos, industriais, processos de mineração e uso de pesticidas agrícolas (EBRAHIMPOUR & MUSHRIFAH, 2008).

Os metais possuem duas classes: essenciais e não essenciais. Aqueles que são indispensáveis para o bom funcionamento de alguns organismos, desempenhando funções como catálise enzimática, oxidação, redução ou transporte de moléculas, como o oxigênio, são chamados de essenciais. Elementos maiores como Fe (concentrações média nos materiais crustais, excede 1 %), menores como o Mn (uma abundância média na crosta, na faixa entre 1,0 e 0,01 %), e traços (elementos da ordem de 1 ppm ou < 1 ppm, na crosta) como o Zn, V, Cu e Ni, são exemplos de elementos essenciais (LICHT, 2001; QUINAGLIA, 2006). Estes metais, embora essenciais, em elevadas concentrações, causam efeitos adversos à biota e em humanos (SHUQAIR, 2002). O Fe, sob forma de hidróxidos, pode causar mortalidade em peixes (ALEXANDRE et al., 2012). O V pode ser responsável por problemas reprodutivos e redução de crescimento em peixes e indivíduos bentônicos, além de causar problemas cardíacos e respiratórios em humanos (QUINAGLIA, 2006). O Zn chega a obstruir guelras dos peixes levando-os a morte, enquanto que para humanos pode ocasionar problemas no pâncreas, anemia e problemas neurológicos (SAMPAIO 2003; SHUQAIR, 2002). O Mn, em taxas elevadas, inibe o crescimento fitoplanctônico, interferindo na produção de biomassa. Em humanos ele ocasiona distúrbios neurológicos (CAMPANELI, 2008). O Cu aumenta a mortalidade de dáfnias, anfípodos e moluscos, importantes fontes de alimento para peixes. Este metal pode causar hipertensão, febre, dores estomacais em

humanos (TORRES, 2009). O Ni eleva o nível de estresse em animais e chega a provocar elevação da apoptose, enquanto que em humanos pode ser considerado carcinogênico (QUINAGLIA, 2006).

Os elementos metálicos não essenciais são considerados tóxicos em qualquer concentração. Estes não possuem função biológica conhecida, a exemplos dos elementos metálicos traço Pb, Cd, As, Ba, Cr e o Al, que é um elemento maior (MILAZZO, 2011).

A toxicidade dos metais não essenciais pode variar. O Pb, Cd e As, por exemplo, tem potencial mutagênico e carcinogênico (QUINAGLIA, 2006). O Ba é prejudicial a organismos bentônicos e pode diminuir sua abundância em população e retardar crescimento de juvenis (LIRA *et al.* 2011). Uma grande exposição ao Al pode vir a provocar doenças respiratórias e neurológicas (WALTON, 2011). O Cr afeta, em peixes adultos, a integridade do DNA, além de ter potencial carcinogênico em seres humanos (MERLINO 2010; QUINAGLIA 2006).

A preocupação em avaliar os níveis de metais em ecossistemas se dá em decorrência dos efeitos toxicológicos que estes podem causar (MUNIZ & OLIVEIRA-FILHO, 2006). Sua elevada toxicidade está ligada com a grande reatividade e alto potencial conservativo, o que lhes conferem estabilidade, persistência e baixa degradação (GUIMARÃES, 2012).

Uma das formas de determinar o grau de contaminação metálica de uma região é estudando a biodisponibilidade dos metais nos sedimentos de uma área (ZAHRA *et al.*, 2014). No meio aquático, os metais tendem a ficar retidos ou adsorvidos aos sedimentos, o qual é um importante reservatório desses (NIEMAYER, 2012). Por tal razão, os sedimentos são um importante compartimento para estudos e têm sido amplamente utilizados como indicadores ambientais (BELO & QUINÁLIA 2009; QUINÁLIA, 2006; ROBAINA *et al.*, 2002).

2. OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GERAL

Avaliar as concentrações e distribuição de metais em sedimentos superficiais da Baía de Todos os Santos.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- i. Avaliar as concentrações de chumbo (Pb), cádmio (Cd), zinco (Zn), alumínio (Al), ferro (Fe), cromo (Cr), níquel (Ni), cobre (Cu), vanádio (V), manganês (Mn), bário (Ba) e arsênio (As), em sedimentos da Baía de Todos os Santos.
- ii. Comparar o nível de toxicidade dos sedimentos através da comparação com os resultados encontrados com dados de outras baías costeiras e com os estabelecidos por agências reguladoras, a exemplo da NOAA (*National Oceanic and Atmospheric Administration*) e pela resolução CONAMA (Conselho Nacional do Meio Ambiente) nº 454/12.
- iii. Avaliar quais são os fatores antrópicos e naturais que influenciam na distribuição de metais na BTS.

3 AREA DE ESTUDO

A Baía de Todos os Santos (BTS) (Figura 1) está alocada sobre rochas sedimentares que preenchem a bacia sedimentar do Recôncavo. Esta é uma sub-bacia localizada na porção sul do conjunto de bacias Recôncavo-Jatobá-Tucano. Sua origem se deu no cretáceo inferior, a partir da divisão dos continentes africano e americano. Neste, iniciou-se o surgimento de um rift que não se desenvolveu, seguido de processos sucessivos de soerguimento e subsidência, nas bacias, que deram origem a estrutura física atual da BTS (DOMINGUEZ & BITTENCOURT, 2009; ROSA et al., 2009).

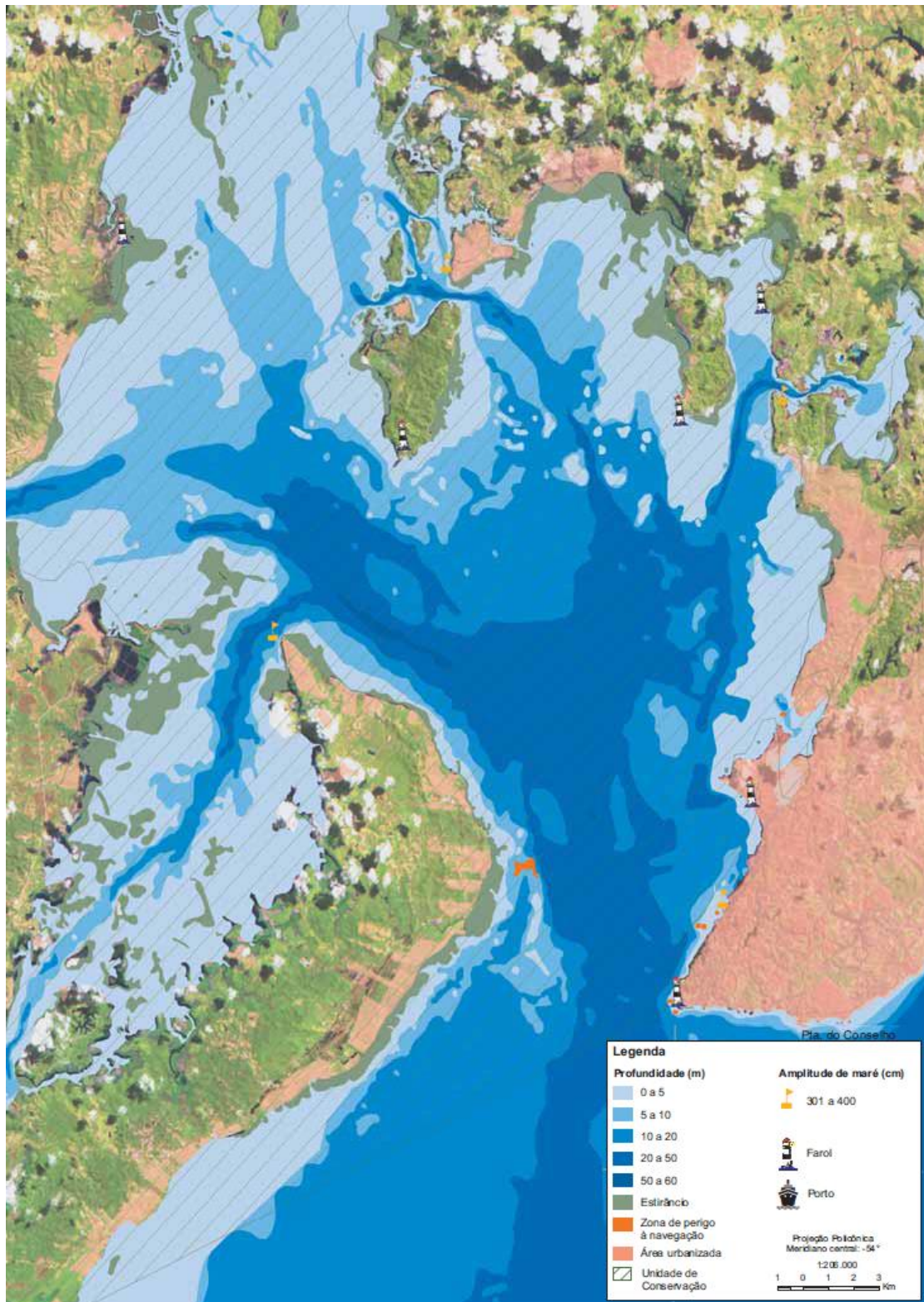
Os sistemas estuarinos da BTS apresentam grandes estuários, de grande biodiversidade e elevado interesse extrativista os mais importantes são: o Paraguaçu e Subaé, em sua porção norte; e Jaguaripe, que está localizado a sudoeste (Figura 1). Os rios deste sistema são responsáveis por mais de 90% do aporte de água para a baía, tendo uma descarga média anual de $101 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$ (ROCHA et al., 2012; CIRANO & LESSA, 2007; LESSA et al., 2009). As propriedades estuarinas são sentidas somente em suas fozes. A entrada de água salgada na BTS é cerca de duas vezes maior que a entrada de água doce, por tal razão as características da BTS são oceânicas (LEÃO & DOMINGUEZ, 2000).

A profundidade média da BTS é 6 m (HATJE & ANDRADE, 2009). Exceções podem ocorrer nos canais entre as ilhas próximas ao Paraguaçu, com profundidades maiores que 20 m, e no canal de Salvador as profundidades são maiores que 50 m, podendo chegar a 100 m (Figura 2) (DIAS, 2003).

O clima da região é considerado quente e úmido sem uma estação seca (CELINO & QUEIROZ, 2008). A temperatura máxima atinge valores mais altos entre janeiro e março (aproximadamente $30 \text{ }^\circ\text{C}$), enquanto que as temperaturas mínimas são medidas entre julho e setembro variando de (21 a $22 \text{ }^\circ\text{C}$). A precipitação anual varia de $<150 \text{ mm}$ a $>300 \text{ mm}$ (LESSA et al., 2009). Temporadas mais secas começam entre outubro e novembro e se intensificam entre janeiro, fevereiro e março meses que eventualmente podem apresentar balanço hídrico negativo. As temporadas de maior precipitação, superando os 200 mm , começam em abril, são mais intensa entre junho e julho e terminam em agosto (LESSA et al., 2009). A direção do vento é predominantemente de sudeste, porém esses dados foram coletados em uma estação no bairro de Ondina em Salvador. Por tal motivo, essa informação caracteriza mais a direção do vento vindo do mar. Não há dados sobre direção do vento para o interior da BTS (INMET, 1992).

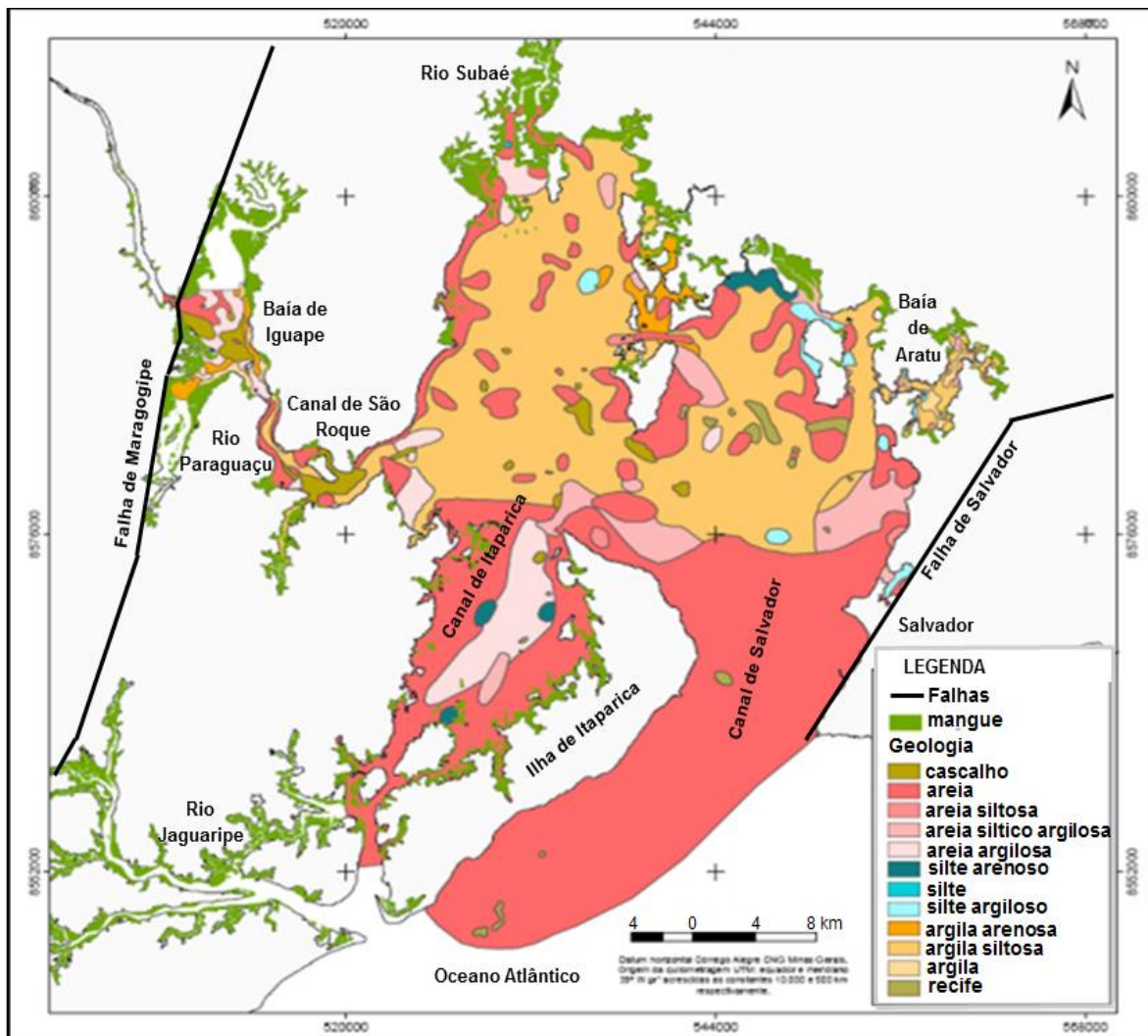
Possuindo uma coluna d'água bem misturada, a circulação na baía é predominantemente controlada pelas marés. Estas são semidiurnas com amplitude de cerca de 2,0 m (LESSA et al., 2009).

Figura 2 - Mapa batimétrico da Baía de Todos os Santos. Fonte: IBGE (2011)



De acordo com a classificação granulométrica, a baía está separada em três áreas distintas. Mais ao norte temos sedimentos predominantemente argilo-siltosos. Esta corresponde a parte mais rasa e de maior influência dos rios. A porção mais central apresenta sedimentos areno-argilosos. E a região entre Itaparica e Salvador, os sedimentos são classificados como arenosos (Figura 3). Esta última é a área de maior influência oceânica, por estar mais a jusante da BTS próxima a sua boca com o oceano aberto (BURTON Jr., 2002; MACEDO, 1977).

Figura 3- Distribuição de fácies texturais na Baía de Todos os Santos. Fonte: modificado de LESSA & DIAS (2009).



4 MATERIAIS E MÉTODOS

4.1 MÉTODO DE COLETA

O presente trabalho está inserido no projeto: Avaliação da Concentração e Distribuição de Contaminantes no Material Particulado em Suspensão e nos Sedimentos Depositados na Baía de Todos os Santos - Projeto da FAPESB nº 901712014.

A coleta foi realizada entre julho e agosto de 2015, em 24 pontos distribuídos ao longo da Baía de Todos os Santos (Figura 4; Tabela 1). Ela foi feita com a ajuda de uma embarcação motorizada e de um amostrador de sedimentos tipo *van-Veen* em aço inoxidável. Todos os pontos foram georreferenciados e sua localização registrada em um aparelho de posicionamento global (GPS). Os frascos plásticos usados na coleta foram descontaminados com Extran (5%) e água Milli-Q, sendo posteriormente transportados para o laboratório, onde ficaram armazenados a -20 °C até o seu processamento.

Figura 4 – Pontos de amostragem dos sedimentos coletados no presente estudo na Baía de Todos os Santos. Fonte: Adaptado do *software Google Earth* (2015)

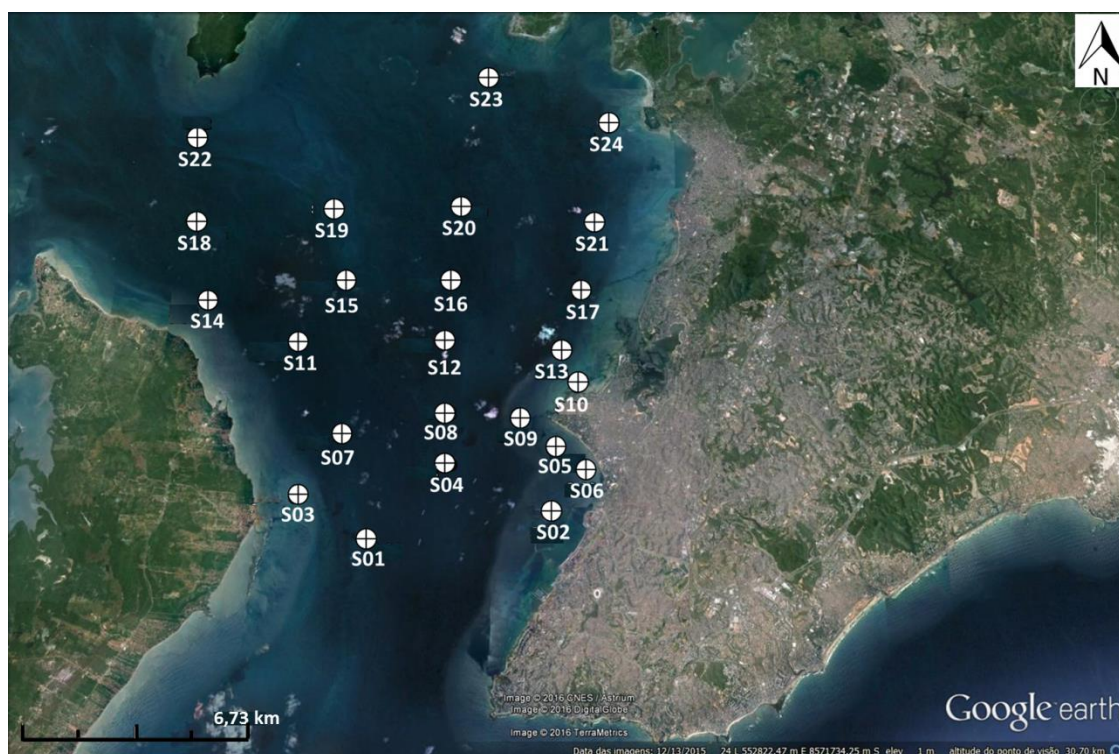


Tabela1- Posicionamento dos pontos de amostragem em coordenadas geográficas.

Estações de Amostragem	Latitude (S)	Longitude (O)
S 01	12°57'55.36"S	38°34'14.08"O
S 02	12°57'26.05"S	38°31'2.920"O
S 03	12°57'15.38"S	38°35'37.39"O
S 04	12°56'39.50"S	38°32'52.60"O
S 05	12°56'21.73"S	38°31'3.600"O
S 06	12°56'40.08"S	38°30'26.13"O
S 07	12°56'5.910"S	38°34'53.89"O
S 08	12°55'46.39"S	38°32'59.89"O
S 09	12°55'45.08"S	38°31'42.10"O
S 10	12°55'13.84"S	38°30'37.52"O
S 11	12°54'29.91"S	38°35'53.95"O
S 12	12°54'20.98"S	38°33'9.540"O
S 13	12°54'36.08"S	38°30'58.33"O
S 14	12°53'43.38"S	38°37'35.90"O
S 15	12°53'15.74"S	38°35'6.120"O
S 16	12°53'9.810"S	38°33'5.580"O
S 17	12°53'24.46"S	38°30'37.13"O
S 18	12°52'9.340"S	38°38'4.540"O
S 19	12°51'51.01"S	38°35'29.06"O
S 20	12°51'41.71"S	38°32'59.37"O
S 21	12°52'4.030"S	38°30'23.59"O
S 22	12°50'1.290"S	38°38'16.34"O
S 23	12°48'50.12"S	38°32'34.86"O
S 24	12°49'57.43"S	38°30'6.220"O

4.2 ANÁLISES DE METAIS E ARSÊNIO

Os sedimentos coletados foram liofilizados. A digestão das amostras foi feita em forno microondas através do protocolo EPA 3051a (USEPA, 2007). Brevemente adicionou-se, aproximadamente, 1,0 g de sedimento liofilizado em um vaso de teflon. A este foi adicionado 10 mL de ácido nítrico concentrado (HNO₃), sendo agitado e colocado em repouso por 30 min. Então colocou-se 10 mL de água Milli-Q no frasco, o qual foi tampado e levado ao forno microondas. Em seguida, as amostras foram levadas à capela para que pudessem esfriar. Estas foram filtradas, sendo o filtrado coletado em balão volumétrico de 50 mL. O volume do balão (50 mL) foi completado com água deionizada. Nestas soluções foram determinados os teores de Pb, Cd, Zn, Al, Fe, Cu, Cr, Ni, V, Mn, Ba e As por espectrometria de emissão atômica com plasma indutivamente acoplado (ICP-OES). O método demonstrou recuperação acima dos 80% para todos os metais. Essa recuperação

foi verificada através do uso de um material sedimentar certificado CRM STSD-1. Para controle de qualidade foram realizadas amostras branco e amostras em triplicata para as estações S05, S10 e S15. O desvio padrão dos resultados obtidos nas triplicatas foi menor que 0,02. As concentrações de metais detectadas nas amostras em branco foram subtraídas dos resultados encontrados na quantificação de metal para as amostras com sedimentos.

4.3 ANÁLISE ESTATÍSTICA

As análises estatísticas foram feitas através do programa BioEstat 5.3. Foi realizada uma matriz de correlação de Pearson entre as variáveis. As correlações tidas como significativas foram aquelas para $p < 0,05$.

Foi feita uma análise multivariada dos dados. Essa foi uma análise de gradiente linear, denominada Análise de Componentes Principais (PCA), para ordenar a concentração de metais e nutrientes no sedimento, ao longo do gradiente granulométrico. Estes dados foram retirados do projeto principal no qual o trabalho está inserido. As variáveis foram normalizadas pelo desvio padrão para a estimativa da matriz de correlações. Os scores foram centrados e padronizados para a sua representação no diagrama de ordenações. A análise PCA foi realizada, empregando o pacote estatístico Canoco versão 4.5.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

As concentrações de metais encontradas no presente estudo estão apresentadas na Tabela 3. O Al e Fe foram os elementos que apresentaram os maiores valores médios ($25495 \pm 20794 \text{ mg kg}^{-1}$ e $15296 \pm 7835 \text{ mg kg}^{-1}$, respectivamente). Isso é devido ao fato de que sedimentos da BTS são naturalmente enriquecidos por compostos ferruginosos e aluminossilicatos (LESSA & DIAS, 2009; GORDILHO, 2013). Já o Cd apresentou as menores concentrações dentre os metais avaliados no presente estudo ($0,12 \pm 0,07 \text{ mg kg}^{-1}$). Isso geralmente é encontrado na maioria dos estudos feitos com metais em sedimentos (FALCÃO, 2012; XU et al., 2016; VAEZI et al., 2015).

As concentrações dos metais em sedimentos na BTS estiveram maiores que as descritas por MIGUES et al., (2013), para a baía de Camamu; por CHIAPPETTA et al., (2016), para a baía da Ribeira localizada em Angra dos Reis; e para SOUZA (2009) para a baía de São Marcos no Maranhão (Tabela 3 e 4). Estas regiões são consideradas pouco contaminadas. A baía de Camamu está situada em uma área de proteção ambiental (APA). A baía da Ribeira é considerada uma área de referência para estudos sobre metais, pois não apresenta fontes antropogênicas significativas destes contaminantes. A baía de São Marcos conta com complexos industriais desenvolvidos, apesar de seu nível de industrialização ser menor que o da BTS. Entretanto, as concentrações de metais no presente estudo estiveram próximas daquelas encontradas por KOUKINA et al., (2016) e SHI et al., (2016) (Tabela 3 e 4), para a baía de Nha Tang (China) e Haikou (China), respectivamente. Estas regiões são moderadamente contaminadas por metais. A baía de Nha Tang apresenta como fonte de contaminação por metal o estuário do rio Cai, onde há lançamentos de esgotos domésticos e dejetos provenientes da fabricação e reparo de embarcações. Há também usos de agroquímicos em aquiculturas que ocorrem diretamente dentro desta baía. A baía de Haikou apresenta como maiores fontes de contaminação atividades de turismo e transporte marinho. As concentrações de metais encontradas por WU et al., (2016) (Tabela 4) estiveram maiores que as encontradas no presente estudo, com exceção do As. Este autor avaliou uma baía que tem uma contaminação elevada devido à presença de uma indústria de refino de zinco e de chumbo que lança cerca de 0,1 milhões de toneladas de metais tóxicos diretamente na baía de Jinzhou na China.

Mesmo a BTS possuindo diversas indústrias e complexos urbanos em sua volta, um fator que explica a proximidade das concentrações de metais em sedimentos desta, quando comparadas com dados para baías pouco antropizadas, é o tempo de residência de partículas dentro dela. XAVIER (2002), calculou o tempo de residência dentro

da BTS, usando uma simulação de três meses, onde 93,8% das partículas deixaram a baía nesse período.

Comparando-se os valores encontrados no presente estudo com aqueles feitos anteriormente na BTS (Tabela 3 e 4), observamos que nestes as concentrações de metais foram mais altas. Estes trabalhos foram realizados na porção mais ao norte da BTS, onde a maior parte das fontes de contaminação por metais estão localizadas (HATJE *et al.* 2009; CRA, 2004).

De fato, observa-se que, os maiores valores aqui encontrados estão mais próximos das fontes de contaminação. A Figura 5 e 6 apresentam a concentração de cada metal avaliado nos sedimentos coletados. As atividades de refino de petróleo praticadas pela RLAM, as atividades portuárias e as atividades químicas e petroquímica realizadas pelo polo petroquímico de Camaçari introduz metais como Fe, Mn, V, Cu, As, Pb e Ni na BTS (da ROCHA *et al.*, 2012; CRA, 2004; HATJE, 2006; HATJE *et al.*, 2009). O Ba pode estar sendo introduzido na BTS através da extração de petróleo, uma vez que ele é utilizado durante o processo de perfuração (GRAY & DARLEY, 1981). Estas perfurações estão próximas a região de Dom João (CELINO *et al.*, 2008). Através do estuário do Subaé há, ainda, a introdução de cádmio, chumbo e zinco para a BTS. Em suas proximidades, na cidade de Santo Amaro, funcionou uma indústria metalúrgica que produzia lingotes de chumbo, a Plumbum (HATJE, 2009). Esta metalúrgica cedeu escória para a construção civil e deixou um passivo ambiental, que ainda se encontra na área (CARVALHO *et al.*, 2003). Esta atividade também disponibilizou Cd e Zn para o Subaé, uma vez que estes são produtos naturais deste processo (CARDOSO, 2001).

Tabela 2 - Concentrações dos metais e arsênio (mg Kg^{-1}) encontrados nos sedimentos coletados nas 24 estações da Baía de Todos os Santos, valores médios e os valores propostos pelo *Conselho Nacional do Meio Ambiente* (CONAMA): Nível 1 que se refere ao limiar onde há baixa probabilidade de efeitos tóxicos à biota; e o Nível 2, onde se espera um provável efeito adverso a mesma. E concentrações fornecidas pela *National Oceanographic and Atmospheric Administration* (NOAA): Threshold effect level (TEL), concentrações onde provavelmente não se observa efeitos tóxicos e Probable effect level (PEL) concentração onde os efeitos adversos são esperados.

(mg Kg^{-1})	Al	As	Cd	Cr	Cu	Fe	Ni	Pb	Zn	V	Ba	Mn
S01	1244	8,90	0,12	8,25	0,21	2941	1,97	1,57	5,19	8,02	2,69	53,7
S02	9546	11,9	0,17	20,5	8,53	10856	6,17	15,5	39,5	20,9	28,3	222
S03	1951	11,8	0,11	8,64	0,51	4235	1,68	3,29	4,63	11,2	6,51	146
S04	11891	6,94	0,09	19,9	5,59	10846	7,17	9,30	24,9	21,8	18,9	159
S05	26221	15,5	0,27	48,2	28,6	19456	17,6	23,0	73,9	39,7	80,6	392
S06	22891	12,3	0,09	34,4	21,6	15616	14,3	16,0	51,4	31,8	106	260
S07	5106	10,6	0,10	12,3	2,64	7021	4,09	4,35	10,7	15,5	8,13	189
S08	17491	5,14	0,07	26,3	9,84	11606	9,07	10,0	31,5	20,0	29,7	493
S09	11486	2,25	0,03	17,6	10,23	8102	7,27	7,82	21,5	16,7	21,7	100
S10	20161	6,65	0,15	33,0	19,2	21506	13,6	17,0	52,3	39,2	39,6	211
S11	8749	4,24	0,10	15,4	2,76	7682	4,64	6,36	14,1	11,7	14,1	111
S12	13441	2,50	0,10	20,2	6,27	8301	6,35	8,52	19,4	17,2	21,6	119
S13	27611	7,47	0,13	45,9	19,5	18216	16,1	20,2	67,4	33,0	54,6	352
S14	47841	21,6	0,19	62,5	15,8	22896	20,7	17,8	66,9	46,9	69,4	484
S15	11236	9,46	0,10	21,6	3,54	13826	7,19	10,1	25,4	15,6	16,7	212
S16	45651	14,3	0,17	67,8	22,6	23266	23,5	24,7	82,6	50,5	77,7	633
S 17	15776	11,7	0,12	28,9	11,4	12626	9,03	14,7	42,4	21,7	36,1	308
S18	30016	8,70	0,16	48,8	12,6	20746	16,8	16,5	52,9	34,5	41,0	292
S19	72186	16,5	0,28	100	34,0	28806	37,0	31,4	114	64,3	102	972
S20	67286	16,1	0,28	99,6	33,5	28726	35,5	35,4	120	63,2	100	1024
S21	40481	8,31	0,08	58,9	25,2	21406	20,4	24,1	79,1	41,2	71,8	507
S22	13081	7,18	0,01	18,9	4,82	8194	5,45	7,86	17,1	20,8	21,8	132
S23	23946	6,81	0,02	29,3	29,6	11916	11,8	12,7	44,0	24,7	41,1	369
S24	66602	13,3	0,17	94,8	38,5	28329	39,0	24,1	113	58,0	73,0	821
Média	25495	10,0	0,12	39,2	15,3	15296	14,0	15,1	48,9	30,3	45,1	356
SD	20794	4,72	0,08	28,2	11,7	7835	10,8	8,81	34,6	16,8	32,2	270
CONAMA 1	*	19	1,2	81	34	*	20,9	46,7	150	*	*	*
CONAMA 2	*	70	7,2	370	270	*	51,6	218	410	*	*	*
TEL	*	7,24	1,4	52,3	18,7	*	15,9	30,2	124	*	*	*
PEL	*	41,6	4,2	160	108	*	42,8	112	271	*	*	*

* - Sem valores de Referência na literatura.
SD - Desvio Padrão.

Tabela 3 - Concentrações máximas, mínimas ou médias de elementos metálicos maiores (Fe e Al) e menores (Mn) (mg Kg^{-1}) em sedimentos da Baía de Todos os Santos (BTS) e outras baías costeiras.

Fonte:	Local:	Al (mg Kg^{-1})		Fe (mg Kg^{-1})		Mn (mg Kg^{-1})	
		Min	Max	Min	Max	Min	Max
CHIAPPETTA et al., (2016)	Baía da Ribeira		NA	69	517	0,41	8,89
PEREIRA (2014)	Estuário e Foz do Paraguçu	686	8935	1781	12184	21,0	1197
FALCÃO (2012)	BTS		NA	0	40237	0	567
KOUKINA et al., (2016)	Baía de Nha Trang	8,70±1,61		3,1±0,88		0,047±0,01	
SOUZA, 2009	Baía de São Marcos	2300	4200	1000	3427	45,7	361
MIGUES et al., (2013)	Baía de Camamu		NA	5,95	1099	22,7	53,7
Este estudo	BTS	5166	72186	2941	28806	53,7	1024

NA- Não avaliado

Tabela 4 - Concentrações máximas, mínimas ou médias de elementos metálicos traços (Pb, Cd, Zn, Cr, Ni, Cu, V, Ba) e As (mg Kg⁻¹) em sedimentos da Baía de Todos os Santos (BTS) e outras baías costeiras.

Fonte:	Local:	Pb(mg Kg ⁻¹)		Cd (mg Kg ⁻¹)		Zn (mg Kg ⁻¹)		As (mg Kg ⁻¹)		Cr (mg Kg ⁻¹)		Ni (mg Kg ⁻¹)		Cu (mg Kg ⁻¹)		V (mg Kg ⁻¹)		Ba (mg Kg ⁻¹)	
		Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max
CHIAPPETTA <i>et al.</i> 2016	Baía Da Ribeira	0,02	0,14	<0,002		0,26	164		Na		Na	<0,05	0,36	0,03	0,23		Na		Na
FALCÃO, 2012	BTS	0	40,7	0,34	1,50	0,29	96,6		Na	0	54,5	0,21	27,8	0	59,6	0,21	40,6	0	269
CRA, 2004	BTS	0,16	107	0,003	5,56	0,44	332	0,012	71,9		Na		Na	0,1	429		Na		Na
PEREIRA, 2014	Estuário e Foz do Paraguaçu	0,32	4,56		Na	11,81	40,1		Na	0,07	23,0	0,20	8,02	0,94	7,96	2,13	12,2	11,7	42,8
KOUKINA <i>et al.</i> 2016	Baía de Nha Trang	55,2±18,9		0,1±0,04		85,6±19,8		15,2±4,9		61,5±40,5		33,1±27,6		36,8±22,5		73,5±21,5		259±57	
MIGUES, 2013	Baía de Camamu	1,02	19,2		Na		Na		Na	1,75	15,9	1,21	9,64	0,32	5,65		Na		Na
SOUZA, 2009	Baía de São Marcos		Na	<0,09	6,50	0,12	42,7		Na	1,12	14,9		Na		Na		Na		Na
WU, 2016	Baía de Jinzhou	30,0	150	0,70	230	120	1800	9,00	27,0		Na		Na	20,0	120		Na		Na
SHI <i>et al.</i> 2016	Baía de Haikou	13,3	41,7	0,015	0,25		Na	2,24	21,6	9,70	81,2		Na	1,30	22,3		Na		Na
Este estudo	BTS	1,57	35,4	0,01	0,28	2,63	120	2,25	21,6	8,25	100	1,97	39	0,21	38,5	8,02	102	2,028	64,3

Na- Não avaliados

Além das fontes, outro fator que aparentemente afeta a distribuição dos metais nos sedimentos depositados na BTS é a velocidade residual (Figura 7). As maiores concentrações de metais foram, geralmente, encontradas nos pontos amostrados em região de baixa velocidade residual (S19, S20 e S24) (Figuras 5 e 6) (XAVIER, 2002). Os pontos S01 e S03, os quais apresentam as menores concentrações de metais em sedimentos (Figuras 5 e 6), estão situados na região onde a velocidade residual são maiores (XAVIER, 2002). A corrente residual é um fator que influencia a distribuição das fácies texturais dos sedimentos. Menores velocidades da corrente residual propiciam a deposição de sedimento mais finos (LESSA & DIAS, 2009). Estes possuem alto poder de adsorver elementos metálicos (FERNANDES et al., 2011).

A correlação feita entre as concentrações de metais avaliados e a porcentagem de material lamoso de cada amostra (Tabela 5) dados retirados do projeto no qual este trabalho está contido), apresentaram correlação significativa positiva (Tabela 6, $p < 0,05$). Assim, a velocidade residual parece estar influenciando nas frações granulométricas depositadas, que estão exercendo influência na quantidade de metal nos sedimentos.

Figura 5 – Concentração de Al (a), As (b), Cd (c) e Cu (d) em sedimentos para as 24 estações de coleta na Baía de Todos os Santos. Fonte: SANTOS (2016)

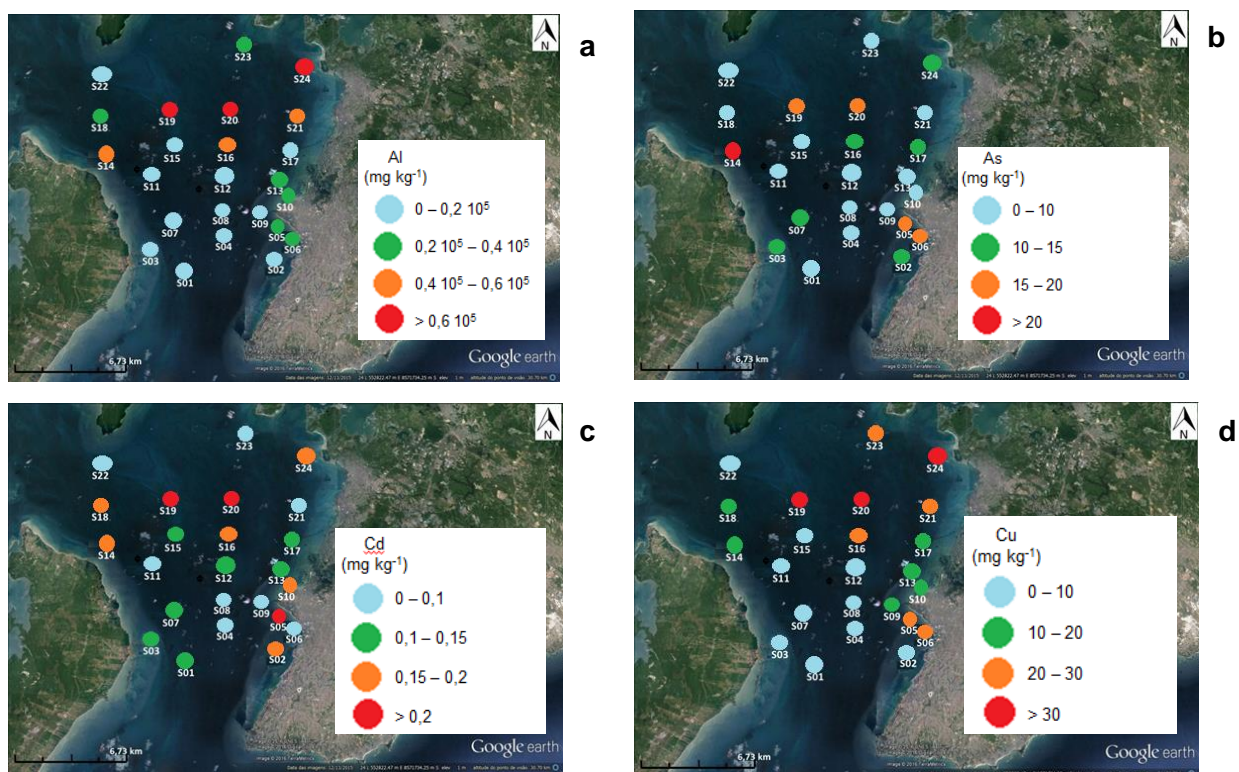


Figura 6 – Concentração de Pb (a), Ni (b), Ba (c) e Zn (d), V(e), Mn (f), Cr (g), Fe (h) em sedimentos para as 24 estações de coleta na Baía de Todos os Santos. Fonte: SANTOS (2016)

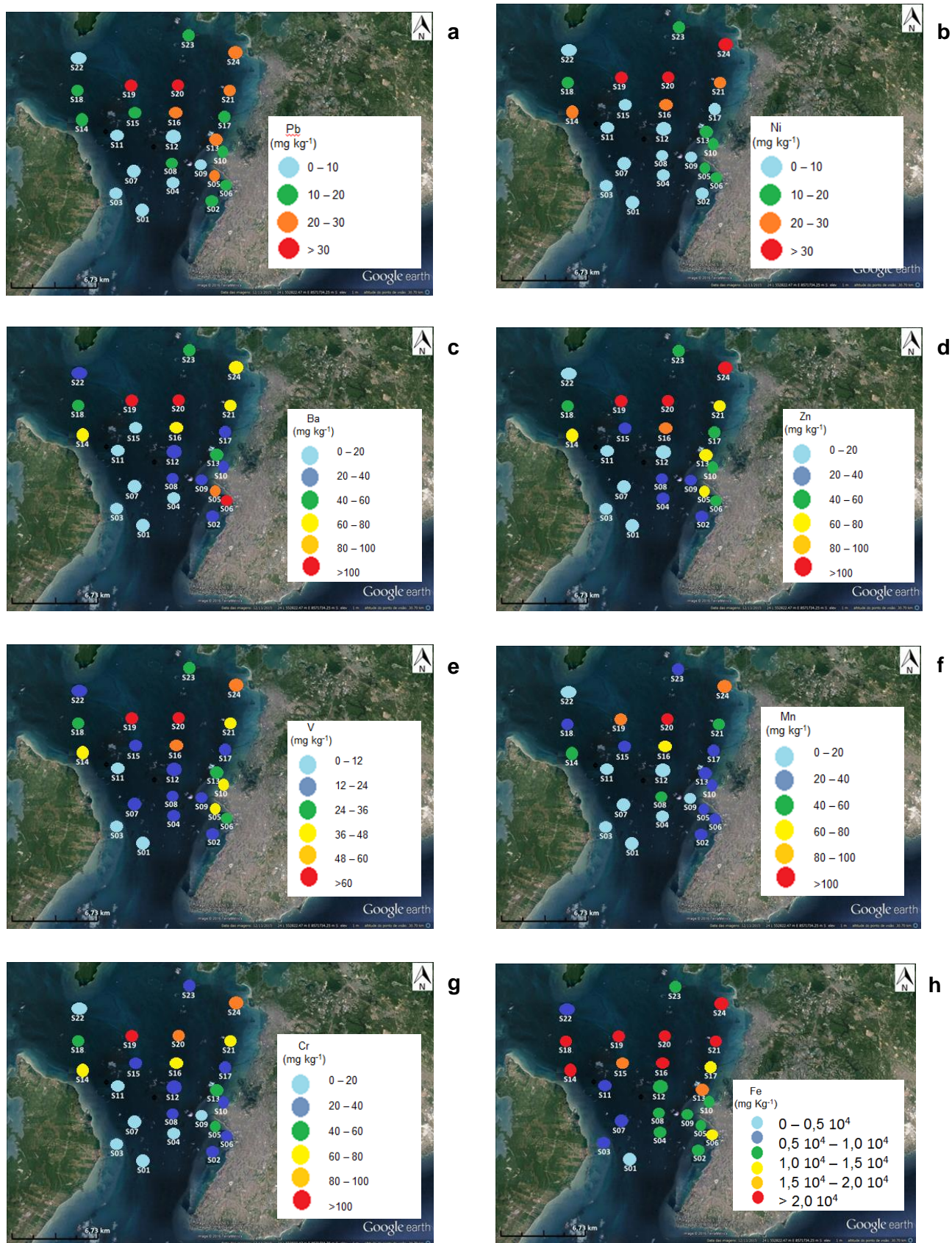
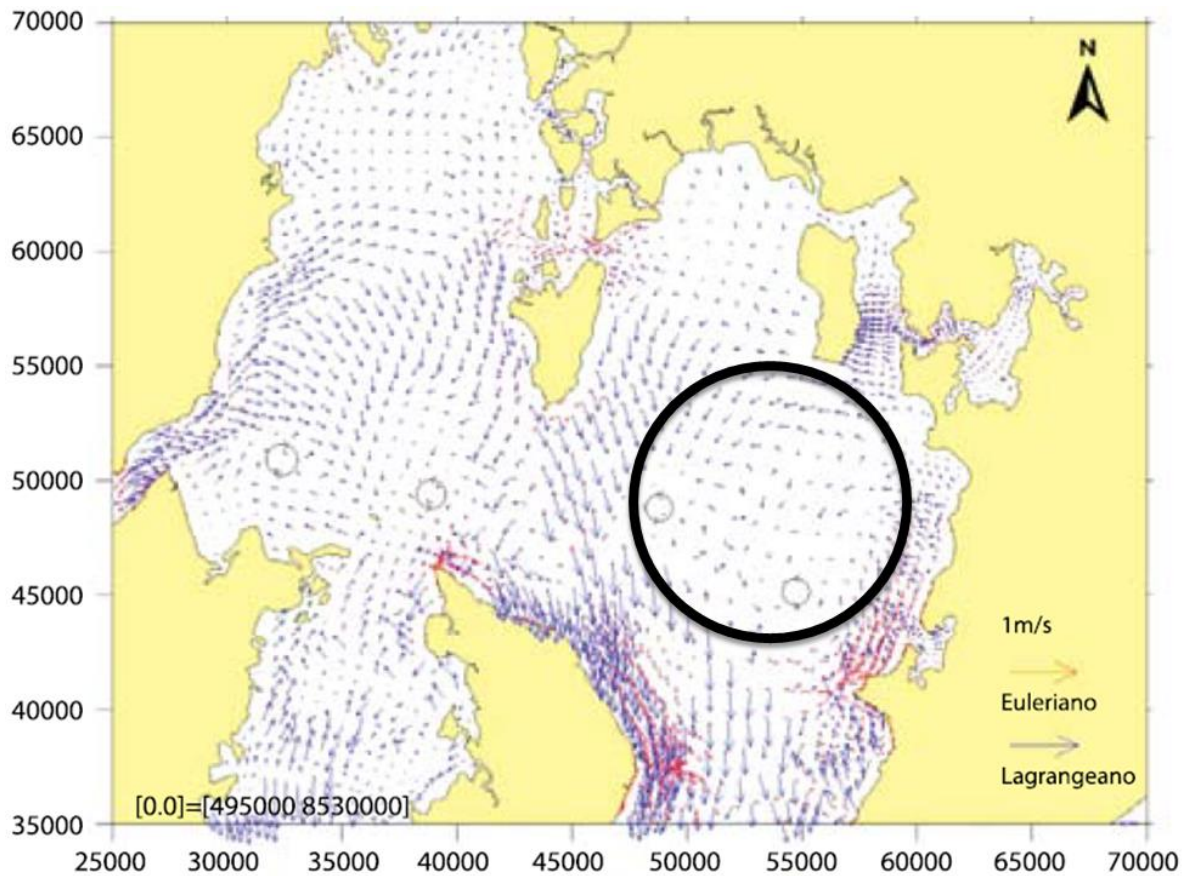


Figura 7 – Padrão de circulação residual lagrangeana (em azul) e eulariana (em vermelho) na área central da Baía de Todos os Santos, ao final do ciclo de maré, sem considerar o cisalhamento eólico. O sentido de rotação dos vórtices residuais é também indicado. Área circulada corresponde a região de menor velocidade da circulação residual e onde estão os pontos S19, S20 e S24. Fonte: LESSA et al., (2009) apud XAVIER (2002)



5.1 NÍVEL DE TOXICIDADE DOS SEDIMENTOS

Na tabela 2, estão expostos os valores de referência propostos pelo Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA, nº 454/12) e pela *National Oceanic and Atmospheric Administration* (NOAA). O CONAMA classifica os níveis de contaminação em dois: o Nível 1, que se refere ao limiar onde há baixa probabilidade de efeitos tóxicos à biota; e o Nível 2, onde se espera um provável efeito adverso à mesma. A NOAA classifica as concentrações em TEL (*Threshold effect level*) e PEL (*Probable effect level*). O TEL representa os valores onde provavelmente não se observam efeitos tóxicos à biota, enquanto o PEL mostra o limite a partir de onde efeitos adversos são esperados (NOAA, 2016).

Para os metais que possuem valores de referência, apenas Cd e Zn não ultrapassaram as concentrações regulamentadas pelo CONAMA e pela NOAA. Os baixos valores destes contaminantes podem ser explicados pelo fato dos pontos amostrais estarem distantes da metalúrgica de Santo Amaro, a principal fonte destes metais para a BTS. Os referidos metais podem seguir, dentro do Subaé, a tendência relatada por BEWERS &

YEATS (1989), de que em regiões estuarinas, boa parte dos metais ficam incorporados ao material particulado e são sedimentados subsequentemente. Estudos feitos nas proximidades da área fonte de contaminação e em manguezais do estuário do Subaé, mostraram níveis elevados de Pb e Zn (MINISTÉRIO DA SAÚDE, 2003; CRUZ, 2014).

Em relação aos demais elementos, todos apresentaram concentrações acima das regulamentadas, estando entre o Nível 1 e Nível 2 do CONAMA e dos valores de TEL e PEL da NOAA. Isso mostra que estes sedimentos coletados apresentam uma certa toxicidade com relação aos metais avaliados, com exceção Cd e Zn. Esta toxicidade é moderada, uma vez que está entre os níveis onde existe a probabilidade de que algum efeito danoso ocorra, e o nível onde efeitos tóxicos são observados.

5.2 ANÁLISES ESTATÍSTICAS

De modo a analisar de forma integrada como o carbono orgânico total, o nitrogênio total e o tamanho das partículas dos sedimentos influenciaram na distribuição dos metais, foi utilizada a correlação de Pearson para obter uma indicação da força linear entre as correlações (Tabela 6). Os resultados de carbono orgânico total (COT), nitrogênio total (NT) e granulometria foram retirados do projeto no qual o presente trabalho está contido. Estes dados estão contidos na Tabela 5. O COT e NT foram obtidos através do uso de um analisador elementar e a granulometria através da leitura da amostra em um analisador de partículas com difração a laser na faixa granulométrica de 0,00004 – 0,5mm, que corresponde as frações areia média (0,5-0,25mm), areia fina (0,25 - 0,13mm), areia muito fina (0,13 - 0,063mm), silte (0,063 - 0,004mm) e argila (> 0,004mm).

Os metais avaliados apresentaram correlações significativas com o COT e o NT, evidenciando que ambos influenciam e controlam a biodisponibilidade e presença destes nos sedimentos (PEREIRA, 2014). Para a maioria deles, esta correlação foi forte ($r > 0,8$), sugerindo que processos geoquímicos ligados à complexação organo-metálica estejam ocorrendo (MWANAMOKI et al., 2014).

A maioria dos metais apresentaram correlações fortes ($r > 0,8$) entre si (exceções feitas ao As e Cd), sugerindo a influência de um mesmo processo de transporte e fixação (LIU et al., 2014). Em relação ao Cd, sua principal fonte o material particulado provindo do Subaé, Boa parte deste material fica retido dentro do próprio sistema estuarino do rio, seguindo uma tendência relatada por BEWERS & YEATS (1989). Já o As, mesmo tendo como fontes atividades portuárias e petroquímicas, as quais também são fontes para os demais metais, as elevadas concentrações devem estar associadas ao estaleiro Enseada

do Paraguaçu. Segundo HATJE (2010), a região onde ocorreu a instalação do estaleiro possui concentrações naturais deste elemento. Em camadas mais profundas do sedimento, as concentrações de As variam de 20 mg Kg⁻¹ a 50 mg Kg⁻¹. Processos de dragagem foram realizados na região para a instalação do estaleiro e disponibilizam contaminantes contidos nos sedimentos (APPA, 2011).

Tabela 5- Valores medidos dos conteúdos de carbono orgânico total (COT; %), nitrogênio total (Nt; %) e granulometria (areia, silte e argila; %) nas amostras coletadas da Baía de Todos.

	COT (%)	NT (%)	Areia (%)	Silte (%)	Argila (%)
S1	Nd	Nd	100,00%	0,00%	0,00%
S2	0,79	0,09	97,85%	2,15%	0,00%
S3	Nd	0,04	98,23%	1,77%	0,00%
S4	0,21	0,05	98,52%	1,48%	0,00%
S5	1,19	0,12	42,24%	54,36%	3,40%
S6	0,56	0,09	83,20%	15,84%	0,96%
S7	Nd	Nd	100,00%	0,00%	0,00%
S8	1,30	0,11	97,26%	2,74%	0,00%
S9	Nd	0,06	97,42%	2,58%	0,00%
S10	0,36	0,08	95,10%	4,90%	0,00%
S11	0,14	0,05	100,00%	0,00%	0,00%
S12	0,18	0,07	97,55%	2,45%	0,00%
S13	1,25	0,10	97,61%	2,39%	0,00%
S14	1,33	0,17	72,97%	24,95%	2,08%
S15	0,10	0,06	97,31%	2,69%	0,00%
S16	1,70	0,19	50,32%	45,84%	3,84%
S17	0,83	0,10	77,27%	18,79%	3,94%
S18	0,485	0,11	96,78%	3,22%	0,00%
S19	2,18	0,22	52,20%	43,59%	4,21%
S20	2,01	0,21	19,49%	73,37%	7,14%
S21	1,56	0,16	41,13%	54,63%	4,25%
S22	0,16	0,08	100,00%	0,00%	0,00%
S23	2,05	0,14	60,57%	34,22%	5,21%
S24	1,21	0,17	49,38%	46,10%	4,52%

Nd- não pode ser detectado.

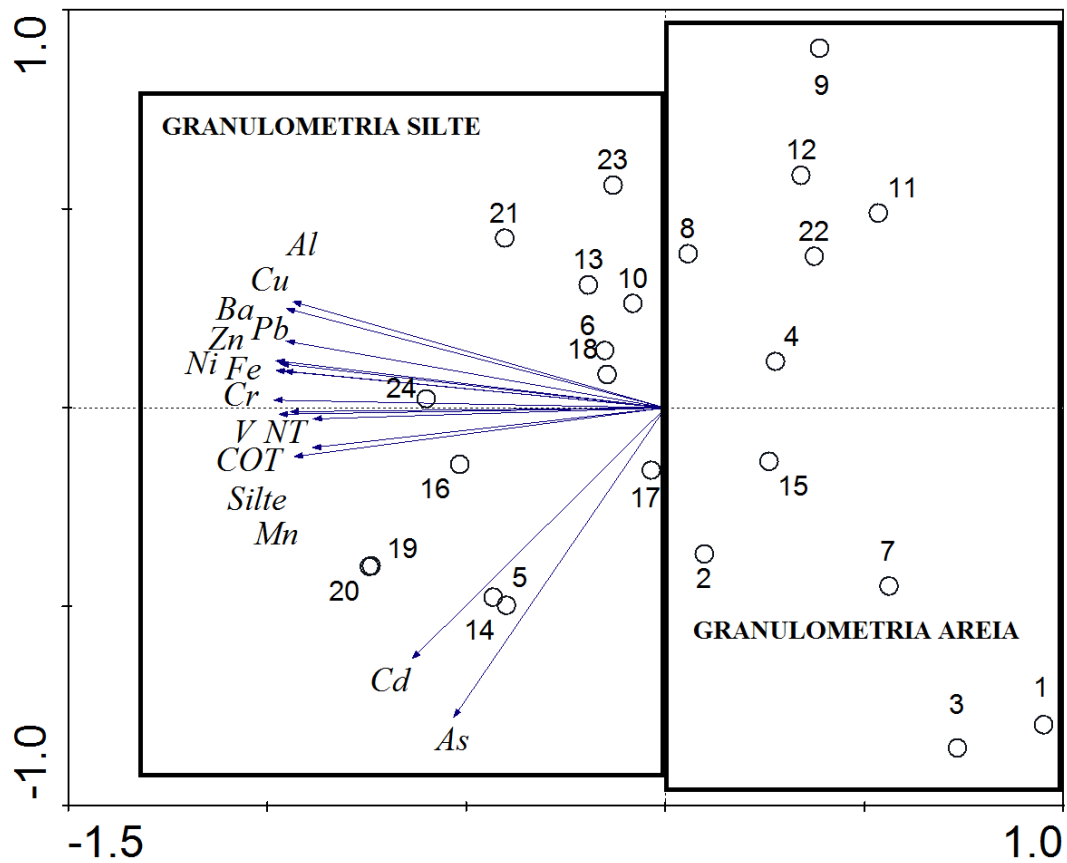
Na análise de componentes principais, o primeiro componente principal explicou 83% da variância total dos dados, enquanto que o segundo componente explicou 8% desta variância. Juntos os dois primeiros componentes principais explicaram 91% da variância dos dados sedimentológico e geoquímico. O gradiente sedimentológico, separou estações de amostragem com granulometria predominantemente arenosa (lado direito) e aquelas com predomínio silte e argila (lado esquerdo). Estas últimas apresentaram as maiores concentrações de COT, Nt e metais traços (Figura 8). As associações desse último grupo confirmam que a presença dos metais nos sedimentos é influenciada, também, pelo

conteúdo de matéria orgânica e pela granulometria mais fina (FAN et al. 2014; MWANAMOKI, et al. 2014).

Tabela 6 - Coeficiente de correlação (r) de Person entre as variáveis ambientais, Carbono Orgânico Total (COT), Nitrogênio Total (Nt), as frações areia, silte e argila dos sedimentos e metais. Todas as correlações foram significativas ($p < 0,05$) e as fortes correlações positivas e negativas estão em negrito.

	Al	As	Cd	Cr	Cu	Fe	Ni	Pb	Zn	V	Ba	Mn	Areia	Silte	Argila	COT	Nt
Al	1	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
As	0.605	1	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
Cd	0.652	0.755	1	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
Cr	0.992	0.624	0.713	1	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
Cu	0.863	0.461	0.555	0.865	1	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
Fe	0.931	0.592	0.705	0.946	0.854	1	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
Ni	0.986	0.586	0.684	0.992	0.896	0.945	1	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
Pb	0.904	0.582	0.738	0.931	0.879	0.939	0.915	1	---	---	---	---	---	---	---	---	---
Zn	0.957	0.605	0.722	0.975	0.923	0.959	0.975	0.974	1	---	---	---	---	---	---	---	---
V	0.965	0.645	0.730	0.973	0.880	0.969	0.969	0.944	0.972	1	---	---	---	---	---	---	---
Ba	0.840	0.628	0.630	0.848	0.868	0.849	0.849	0.895	0.891	0.882	1	---	---	---	---	---	---
Mn	0.945	0.607	0.674	0.948	0.828	0.859	0.937	0.885	0.924	0.902	0.790	1	---	---	---	---	---
Areia	-0.810	-0.586	-0.595	-0.823	-0.856	-0.750	-0.812	-0.842	-0.850	-0.809	-0.797	-0.833	1	---	---	---	---
Silte	0.810	0.588	0.603	0.825	0.855	0.755	0.813	0.845	0.852	0.812	0.802	0.831	-0.999	1	---	---	---
Argila	0.764	0.532	0.485	0.763	0.820	0.667	0.754	0.765	0.783	0.727	0.701	0.808	-0.949	0.939	1	---	---
COT	0.800	0.501	0.509	0.786	0.834	0.735	0.765	0.821	0.823	0.771	0.758	0.855	-0.810	0.804	0.822	1	---
NT	0.924	0.576	0.579	0.911	0.851	0.875	0.886	0.906	0.912	0.901	0.840	0.906	-0.839	0.837	0.811	0.915	1

Figura 8 - Análise de Componentes Principais obtida na Baía de Todos os Santos, Bahia, Brasil. Juntos os componentes explicaram 91%, sendo dividido em dois grupo um formado pela granulometria silte que explica 83% da variância dos dados, enquanto que o agrupamento formado pela granulometria areia apenas 8%.



Legenda: Carbono Orgânico Total (COT) Nitrogênio Total (NT).

6 CONCLUSÃO

Neste trabalho foi realizado o estudo de sedimentos superficiais coletados na Baía de Todos os Santos, tentando avaliar seu nível de contaminação e possíveis fatores que influenciam a distribuição de metais. Para tal os dados foram comparados com os informações de outras baías além e relações existentes entre os teores de metais, com características granulométricas, com Carbono Orgânico Total, e com o Nitrogênio Total, foram averiguadas.

A concentração em metais na BTS, quando comparada com outras baías costeiras demonstrou um grau moderado de contaminação.

Em relação aos valores de referência, afora o Pb, Cd e Zn, os metais analisados apresentaram concentrações acima dos valores de TEL estabelecidos pela NOAA e do nível 1 proposto pela Resolução CONAMA nº 454/12, em diversas estações de coleta, o que denota que diversas fontes antrópicas difusas acabam por contaminar a área.

Percebe-se a circulação residual dentro da BTS, assim como o gradiente sedimentológico (granulometria). Nota-se, ainda, que o COT e o NT influenciam fortemente na variabilidade espacial nas concentrações dos metais em sedimentos superficiais.

Para a continuidade e complementação da linha desta pesquisa sugere-se que futuros trabalhos possam desenvolver um *background* para a região, afim de se ter mais parâmetros comparativos, e que se teste a variabilidade sazonal de forma a melhor avaliar as fontes e distribuição dos metais.

7 REFERÊNCIAS

ALEXANDRE, J.R.; OLIVEIRA, M. L. F.; SANTOS, T. C.; CANTON, G. C.; CONCEIÇÃO, J. M.; EUTROPIO, F. J.; CRUZ, Z. M. A.; DOBBSS, L. B.; RAMOS, A. C. Zinco e ferro: de micronutrientes a contaminantes do solo. **Natureza on line**, Vila-Velha, v.10, n.1, p.23-28, 2012.

ARAÚJO, F. V. Avaliação da qualidade das águas de seis rios de São Gonçalo e do risco de contaminação à Baía de Guanabara, RJ. **Revista Biociências**, Taubaté, v.21, n.1, p. 01-13, 2015.

BARRETO, M. M, Atlas ambiental do abastecimento de água e esgotamento sanitário da baía de Todos os Santos, Bahia, Brasil. Monografia, instituto de biologia da Universidade Federal da Bahia. 2013.

BEWERS, J. M.; YEATS, P. A. Transport of river-derived trace metals through the coastal zone. **The Netherlands Journal of Sea Research**, Nova Scotia, p.3559-3680. 1989.

BUATOIS, L. A.; MÁNGANO, M. G. Sedimentary facies, depositional evolution of the upper Cambrian-Lower Ordovician Santa Rosa formation in northwest Argentina. **Journal of South American Earth Science**, v.16, n.5, p.343-363, 2003.

BAHIA. CRA. *Diagnóstico do grau de contaminação da Baía de Todos os Santos por metais pesados e hidrocarbonetos de petróleo a partir da análise das suas concentrações nos sedimentos de fundo e na biota associada*. Volume I, II e IV. Salvador, 2004.

Bahia. Plano Estratégico do Turismo Náutico na Baía de Todos-os-Santos/ Secretaria de Turismo (SETUR), SUINVEST. Salvador: SETUR, FPC, 2010.

BRADY, J; HUMISTON, G. E. *Química Geral*. 2. ed. Rio De Janeiro: ISBN, 1986. 1 v.

BRASIL. Ministério da Saúde. Avaliação de Risco à Saúde Humana por Metais Pesados em Santo Amaro da Purificação. Brasília: Ministério da Saúde, 2003.

BURTON Jr., G. A. Sediment quality criteria in use around the world. **The Japanese Society of Limnology**, Dayton, v. 3, p. 65-75, 2002.

CAMPANELI, L. B. Avaliação espaço-temporal de metais pesados no rio Paraíba do Sul e rio Imbé por meio de plantas de *Eichhornia crassipes* (mart.) Solms (aguapé), sêston e sedimento. Dissertação de Mestrado em Ecologia e Recursos Naturais Universidade Estadual do Norte Fluminense, 2008.

CARDOSO, C.; Baía de Todos os Santos: aspectos humanos.1 ed. Salvador: EDUFBA, 2011.

CARDOSO, L. M. N.; CHASIN, A. A. M. Ecotoxicologia do cádmio e seus compostos. 1 ed. Salvador: ISBN, 2001.

CARVALHO, F.M; SILVANY NETO, A. M; TAVARES, T. M; COSTA, Â. C. A; CHAVES, C. d'EI R; NASCIMENTO, L. D; REIS, M. A. Chumbo no sangue de crianças e passivo ambiental de uma fundição de chumbo no Brasil.**Revista Panamericana de Salud Pública**, Washington, v.13, n.1, 2003.

CELINO, J. J.; OLIVEIRA, O. M. C.; HADLICH, G. M.; QUEIROZ, A. F. S.; GARCIA, K. S. Assessment of contamination by trace metals and petroleum hydrocarbons in sediments from the tropical estuary of Todos os Santos Bay, Brazil. **Revista Brasileira de Geociências**, Salvador, v.38, n.4, p.753-760, 2008.

CELINO, J. J.; QUEIROZ, A. F. S. Manguezais e sistema estuarino da Baía de Todos os Santos. **Avaliação de ambientes na Baía de Todos Santos: aspectos biogeoquímicos, geofísicos e biológicos**, Salvador, p.39-56, 2008.

CELINO, J. J.; QUEIROZ, A. F. S.; Fonte e grau da contaminação por hidrocarbonetos policíclicos aromáticos (HPAs) de baixa massa molecular em sedimentos da baía de Todos os Santos, Bahia. **REM: Revista Escola de Minas**, Ouro Preto, v.59, n.3, p.265-270, 2006.

CIRANO, M.; LESSA, G. C.; Oceanographic characteristics of Baía de Todos os Santos, Brazil. **Revista Brasileira de Geofísica**, Salvador, v.25, p.363-387. 2007.

CHIAPPETTA, J. M.; MACHADO, W.; SANTOS, J. M.; LESSA, J. A. Trace metal bioavailability in sediments from a reference site, Ribeira Bay, Brazil. *Marine Pollution Bulletin*, Rio de Janeiro, v.1, n.2, p.395-399, 2016.

CODEBA; Porto de Salvador e de Aratu. Publicada em janeiro de 2014. Disponível em <http://www.codeba.com.br/eficiente/sites/portalcodiba/pt-br/porto_salvador.php> acessado em 26 de março de 2016;

CRUZ, M. A. S. Avaliação da geoquímica dos sedimentos superficiais das nascentes do rio Subaé-BA. Dissertação de Mestrado, Programa de pós-graduação em Modelagem em Ciências da Terra e do Ambiente, Universidade Estadual de Feira de Santana, 2014.

da ROCHA, G. O.; GUARIEIRO, A. L. N.; de ANDRADE, J. B.; EÇA, G. F.; de ARAGÃO, N. M.; AGUIAR, R. M.; KORN, M. G. A.; BRITO, G. B.; MOURA, C. W. N.; HATJE, V. Contaminação na Baía de Todos os Santos. **Rev. Virtual Quim**, Salvador, v.4, n.5, p583-610, 2012.

DOMINGUEZ, J. M. L.; BITTENCURT, A. C. S. P.; Geologia. In: Vanessa Hatje; Jailson B. de Andrade. (Org). Baía de Todos os Santos: Aspectos Oceanográficos. Ed. Salvador: EDUFBA, p. 29-62. 2009;

EBRAHIMPOUR, M.; MUSHIRIFAH, I. Heavy metal concentrations (Cd, Cu and Pb) in five aquatic plant species in Tasik Chini, Malaysia. **Environ Geol**, Selangor, v. 54, p. 689–698, 2008.

FALCÃO, A. B.; Geoquímica do sedimento da Baía de Todos os Santos, Bahia, Brasil. Monografia. Instituto de Geociências da Universidade Federal da Bahia. 2012.

FAN, W.; XU, Z.; WANG, W.-X. Metal pollution in a contaminated bay: Relationship between metal geochemical fractionation in sediments and accumulation in a polychaete. **Environmental Pollution**, Pequim, v.191, p.50-57, 2014.

FELIZZOLA, J. F.; *et al.* Butulin speciation in sediments from Todos os Santos Bay (Bahia, Brazil) By GC-PFPD. **Quim. Nova**, Rio de Janeiro, v.31, n.1, p.89-93, 2008.

FERNANDES, L.; NAYAK, G. N.; ILANGOVAN, D.; BOROLE, D. V. Accumulation of sediment, organic matter and trace metals with space and time, in a creek along

Mumbai coast, India. **Estuarine, Coastal and Shelf Science**, v.91, n.3, p.388-399, 2011.

FIOCRUZ; Mapa de conflitos envolvendo injustiça ambiental e Saúde no Brasil: poluição química na baía de Todos os Santos contamina peixes, caranguejos e alguns mariscos, fonte de renda a base alimentar de populações tradicionais e turismo na região. Publicada em 25 de novembro de 2009. Disponível em <<http://www.conflitoambiental.icict.fiocruz.br/index.php?pag=ficha&cod=36>> acesso em 07 de março de 2016.

FREITAS, N. P.; Desenvolvimento territorial e modernização industrial: uma leitura sobre o sertão brasileiro. **Revista Geográfica de América Central**, Costa Rica, p. 1-13, 2011.

GORDILHO, V.; BTS em retalhos: ações poéticas em cinco portos da Baía de Todos os Santos Baiacu, Itaparica, Matarandiba, Coqueiros e Ilha de Maré. Ed. Salvador: EDUFBA, 2013.

GRAY, G.R.; DARLEY, H.C.H. Composition and properties of oil well drilling fluids. Gulf Publishing Co., Houston, Texas. 1981.

GUIMARÃES, E. P. C.; Avaliação da disponibilidade e toxicidade no rio Ribeira de Iguape: comparação entre dois períodos pluviométricos. Monografia escola de engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo. 2012.

HATJE, V.; ANDRADE, J. B.; Baía de Todos os Santos: aspectos oceanográficos. Ed. Salvador: EDUFBA, 2009.

HATJE, V.; BARROS, F.; Figueiredo, D. G.; Santos, V. L. C. S. Peso-Aguiar, M. C.; Trace metal contamination and benthic assemblages in Subaé estuarine system. **Mar. Pollut. Bull.** Salvador, v.52, p.982, 2006.

HATJE, V.; *et al.* Contaminação química. In: Vanessa Hatje; Jailson B. de Andrade. (Org). Baía de Todos os Santos: Aspectos Oceanográficos. Ed. Salvador: EDUFBA, p.243-298119, 2009.

HATJE, V.; *et al.* Inorganic As speciation and bioavailability in estuarine sediments of Todos os Santos Bay, BA, Brazil. **Marine Pollution Bulletin**, Salvador v.60 p.2225–2232, 2010.

IBGE. Atlas geográfico das zonas costeiras e oceânicas do Brasil. Ministério do Planejamento, Orçamento e Gestão Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE Diretoria de Geociências. 2011.

IBGE. Resultados do Censo 2010. Diário Oficial da União, 04 nov. 2010. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/censo2010/resultados_do_censo2010.php>; acessado em 26 de fevereiro de 2016.

INMET (Instituto Nacional de Meteorologia). Normais Climatológicas – 1961 a 1990. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, 155 p. 1992.

JESUS, H. C.; COSTA, E. A. C.; MENDONÇA, A. S. F. E.; ZANDONADE, E. Distribuição de metais pesados em sedimentos do sistema estuarino da ilha de Vitória-ES. **Quim. Nova**, Vitória, v.27, n.3, p.378-386, 2004.

KIM, J.; JEON, E.; BAEK, K. Role of reducing agent in extraction of arsenic and heavy metals from soils by use of EDTA. **Chemosphere**, Koera, p.274-283, 2016.

KOUKINA, S. E.; LOBUS, N. V.; PERESYPKIN, V. I.; DARA, O. M.; SMUROV, A.V. Abundance, distribution and bioavailability of major and trace elements in surface sediments from the Cai river estuary and Nha Trang Bay (South China Sea, Vietnam). **Estuarine, Coastal and Shelf Science**. Moscow, p. 1-11, 2016.

LEÃO, Z.M.A.N.; DOMINGUEZ, J.M.L. Tropical coast of Brazil. **Marine Pollution**, Salvador v.41, p.112- 122, 2000.

LESSA, G.; DIAS, K. Distribuição de litofácies de fundo da Baía de Todos os Santos. **Quaternary and Environmental Geoscience**, Salvador, v.1, n.2, p.84-97, 2009.

LESSA, G., DIAS, K. Distribuição espacial das litofácies de fundo da Baía de Todos os Santos. **Quaternary and Environmental Geosciences**, Salvador, v.1, n.2, p.84-97, 2009.

LESSA G. C. CIRANO M.; TANAJURA C. A. S.; SILVA R. R. Oceanografia Física. In: Vanessa Hatje; Jailson B. de Andrade. (Org). Baía de Todos os Santos: Aspectos Oceanográficos. Ed. Salvador: EDUFBA, p.68-119, 2009.

LICHT, O. A. B. A geoquímica multielementar na gestão ambiental: identificação e caracterização de províncias geoquímicas naturais, alterações antrópicas da paisagem, áreas favoráveis à prospecção mineral e regiões de risco para a saúde no estado do Paraná, Brasil. Tese de doutorado em geologia, Universidade Federal do Paraná, 2001.

LIRA, V. F.; SANTOS, G. A. P.; DERYCKE, S.; LARRAZABAL, M. E. L.; FONSÊCA-GENEVOIS, V. G.; MOENS, T. Effects of barium and cadmium on the population development of the marine nematode *Rhabditis (Pellioditis) marina*. **Marine Environmental Research**, v.72, n 4, p.151-159, 2011.

LISBOA, E. B. Relações entre as capitânicas da Baía de Todos os Santos e Sergipe Del Rey: um olhar para os aspectos políticos e econômicos nos anos de setecentos. In: XXVII simpósio de história (ANPUH). Rio Grande do Norte, 2013.

LIU, J.; WU, H.; FENG, J.; LI, Z.; LIN, G. Heavy metal contamination and ecological risk assessments in the sediments and zoobenthos of selected mangrove ecosystems, South China. **Catena**, v.119, p.136-142, 2014.

MACEDO, M.H.F. Estudo sedimentológico da Baía de Todos os Santos. Dissertação de Mestrado. Pós-Graduação em Geologia, Universidade Federal da Bahia, 75p. 1977.

MANSO, C. L. C.; ALVES, O. F. S.; MARTINS, L. R. Echinodermata da Baía de Todos os Santos e da Baía de Aratu (Bahia, Brasil). **Biota Neotrop**. Aracajú, v.8, n.3, 2008.

MARCHI, C. M. D. F. Análise do Programa de Saneamento Ambiental da Baía de Todos os Santos enquanto uma política pública e seus efeitos em uma área de baixa renda de Salvador. In: XI seminário latino americano de gestão e tecnologia (ALTEC). Porto Alegre, 2005.

MERLINO, L. C. S. Bário, cádmio, cromo e chumbo em plantas de milho e em latossolo que recebeu lodo de esgoto por onze anos consecutivos. Dissertação de mestrado, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista, 2010.

MIGUE, V. H. *et al.* Análise de metais traços em sedimentos da Baía de Camamu, Bahia, Brasil. In: 53º congresso brasileiro de química. Rio de Janeiro 2013.

MILAZZO, A. D. D. Biodisponibilidade e bioconcentração de metais em ecossistema manguezal do estuário do rio São Paulo, Baía de Todos os Santos, Bahia, Brasil. Dissertação. Instituto de Geociências, Universidade Federal da Bahia. Salvador, 2011.

MUNIZ, D. H. F.; OLIVEIRA-FILHO, E. C. Metais pesados provenientes de rejeitos de mineração e seus efeitos sobre a saúde e o meio ambiente. **Universitas: Ciências da Saúde**, Goiania v.4, n.1 p.83-100, 2006.

MWANAMOKI, P. M.; DEVARAJAN, N.; THEVENON, F.; BIRANE, N.; ALENCASTRO, L. F. de; GRANDJEAN, D.; MPIANA, P.T.; PRABAKAR, K.; MUBEDI, J. I.; KABELE, C. G.; WILDI, W.; POTÉ, J. Trace metals and persistent organic pollutants in sediments from river-reservoir systems in Democratic Republic of Congo (DRC): Spatial distribution and potential ecotoxicological effects. **Chemosphere**, v.111, p.485-492, 2014.

NOAA. Valores-guias de qualidade de sedimento de metais-traço em sedimentos de água doce adotados pela NOAA (mg.Kg-1, base seca). Disponível em <http://response.restoration.noaa.gov/book_shelf/122_new-squirts.pdf> Acessado em 25 março de 2016.

NIEMAYER, J. C.; EGLER, S.; SILVA, E. M. Avaliações ecológicas e ecotoxicológicas relacionadas ao caso da Plumbum em Santo Amaro (BA). In: Francisco Rego Chaves Ferandes *et al* (Org). Projeto Santo Amaro- BA: aglutinando ideais, construindo soluções diagnóstico. 2ª Edição. Rio de Janeiro: CETEM/MCTI, 2012.

OLIVEIRA, A. O polo petroquímico de Camaçari: industrialização, crescimento econômico e desenvolvimento regional. Pós graduação em geografia na Universidade Salvador. 2004.

Paraná. Administração dos Portos de Paranaguá e Antonina – APPA. *Monitoramento dos Impactos da Atividade de Dragagem Emergencial dos Berços de Atracação do Porto de Paranaguá*. Paraná: APPA, 2011. 42 p.

PEREIRA, T. S. Biodisponibilidade de metais no estuário do rio Paraguaçu, Baía de Todos os Santos, Bahia. Monografia. Instituto de Geociências da Universidade Federal da Bahia. 2014.

QUINÁGLIA, G. A. Caracterização dos níveis basais de concentração de metais nos sedimentos do sistema estuarino da baixada santista. Monografia, Instituto de química da universidade de São Paulo (UPS), 2006.

QUINÁIA, A. B. S. P.; PLETSCHE, A. L. Avaliação Da contaminação de metais em sedimento superficiais das praias de lago de Itaipu. **Quim Nova**, Guaraparu, v. 33, n.3 p.613-617, 2010.

RESOLUÇÃO N o N ° 454, de 1º de novembro de 2012, Ministério do Meio Ambiente. Conselho Nacional do Meio Ambiente – CONAMA.

ROBAÍNA, L. E. *et al.* Metais pesados nos sedimentos de corrente, como indicadores de risco ambiental - Vale do Rio dos Sinos, RS. **Rev. Inst. Geol.** São Paulo, v.23, n.2, 2002.

ROSA, I. L. F. *et al.* SPRING e imagens SRTM na análise geomorfológica da Baía de Todos os santos e entornos, BA. Anais XVI simpósio brasileiro de Sensoriamento remoto, Natal, Brasil, INPE, p. 4295-43301. 2009.

SAMPAIO, A. C. S. Metais pesados na água e sedimentos dos rios da bacia do alto Paraguai. Dissertação de mestrado. Centro de Ciências Exatas e Tecnologia, Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, 2003.

SANTOS, L. O. Disponibilidade de elementos químicos em apicuns e em sedimentos e folhas de manguezais do município de Madre de Deus, Bahia, Brasil. 2013. 95 f. Dissertação (Mestrado em Geoquímica: Petróleo e Meio Ambiente) – Instituto de Geociências, Universidade Federal da Bahia. Salvador, 2013.

SHI, P.; SHI, J.; CAO, L.; XIE, J.; TIAN, H.; ZHAI, Y. Trace metals risk evaluation and pollution identification in surficial sediment from the Haikou Bay, South China Sea. **Journal of residuals Science & Technology**. China, v.12, n.1, 2016.

SHUQAIR, S. M. S. Estudo da contaminação do solo e água subterrânea por elementos tóxicos originados dos rejeitos das minas de carvão de Figueira no estado do Paraná. Tese Doutorado. Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares, Universidade de São Paulo, 2002.

SILVA, A. S. A influência do centro industrial Subaé (CIS) no processo de urbanização do bairro do Tomba: um estudo de caso do município de Feira de Santana. Dissertação de mestrado, Universidade Salvador, 2010.

SOUZA, J. K. C.; Avaliação de impactos ambientais causados por metais-traços em água, sedimento e material biológico na baía de São Marcos, São Luiz – Maranhão. Tese de doutorado, instituto de química da Universidade Federal da Paraíba, 2009.

SOUZA, D. S.; Centro industrial de Aratu: uma história cronológica de vicissitudes. Monografia. Faculdade de economia da Universidade Federal da Bahia, 2014.

TORRES, R. F. Disponibilidade dos metais cobre e chumbo em um canal de maré receptor de efluentes de carcinicultura. Dissertação de mestrado. Instituto de Ciências do Mar, Universidade Federal do Ceará. 2009.

UNITED NATIONS, UM. Convention on the Law of the Sea, with Index and Final Act of the Third United Nations Conference on the Law of the Sea. Nova York, 1983.

U.S. ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY – USEPA. Method 3051A – Microwave assisted acid digestion of sediments, sludges, soils, and oils. Washington, DC, 2007. 30p.

VAEZI, A. R.; KARBASSI, A. R.; FAKHRAEE, M. Assessing the trace metal pollution in the sediments of Mahshahr Bat, Persian Gulf, via a novel Pollution index. **Eviron Monit Asses**.Theran 187:613, 2015.

XAVIER, A. G.; Análise hidrodinâmica da Baía de Todos os Santos. Tese de doutorado, Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2002.

XU, F.; LONGWEI, Q.; YINGCHANG, C.; JINGLE, H.; ZHAOQUING, L.; XU, T.; ANCHUN, L.; XUEBO YIN. Trace metals in the surface sediments of the intertidal Jiaozhou Bay, China: sources and contamination assessment. **Marine Pollution Bulletin**. p.371-378, 2016.

WALTON, J. R. Bioavailable Aluminum: Its Effects on Human Health.**Encyclopedia of Environmental Health**. Burlington p.331-342, 2011.

WU, B.; XUEGANG, L.; JINMING, S.; LIMIN, H. XUEFA, S. Impact of extreme metal contamination at the supra-individual level in a contaminated bay ecosystem. **Science the total Environment**, Qingdao, p.102-109, 2016.

ZAHRA, A.; HASHMI, M.Z.; MALIK, R.N.; AHMED, Z. Enrichment and geo-accumulation of heavy metals and risk assessment of sediments of the Kurang Nallah—Feeding tributary of the Rawal Lake Reservoir, Pakistan. **Science of the Total Environment**, v.470-471, p.925-933, 2014.