



UNIVERSIDADE FEDERAL DA BAHIA
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS
CURSO DE OCEANOGRAFIA

CAMILLA CARICCHIO ESPINHEIRA

**BAÍA DE CAMAMU: UMA PROVÁVEL ÁREA DE
REFERÊNCIA?**

Salvador
2010

CAMILLA CARICCHIO ESPINHEIRA

**BAÍA DE CAMAMU: UMA PROVÁVEL ÁREA DE
REFERÊNCIA?**

“Trabalho Final de Graduação
apresentado ao Curso de
Oceanografia da Universidade
Federal da Bahia como parte dos
requisitos necessários para
obtenção do título de Bacharel em
Oceanografia.”

Orientador (a): Prof^a. Vanessa Hatje

Salvador
2010

TERMO DE APROVAÇÃO

CAMILLA CARICCHIO ESPINHEIRA

BAÍA DE CAMAMU: UMA PROVÁVEL ÁREA DE REFERÊNCIA?

Monografia aprovada como requisito parcial para obtenção do grau de Bacharel em Oceanografia, Universidade Federal da Bahia, pela seguinte banca examinadora:

Vanessa Hatje – Orientadora

Doutora em Oceanografia Química pela Universidade de Sydney
Universidade Federal da Bahia

Gisele Olímpio da Rocha
Doutora em Química pela Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho
Universidade Federal da Bahia

Antônio Fernando de Souza Queiroz
Doutor em Geologia/Geoquímica do Meio Ambiente e Geoquímica de Manguezais pela Université Louis Pasteur de Strasbourg.
Universidade do Estado da Bahia

Salvador, 09 de dezembro de 2010.

AGRADECIMENTOS

Agradeço à professora VANESSA HATJE por todo o suporte oferecido para a realização deste trabalho. Por se mostrar sempre preocupada com meu bem-estar e crescimento e me apoiar no neste meu primeiro momento profissional.

À minha família, MÃE, PAI e AVÓ. O meu sincero “Muito Obrigada por Tudo”!!!

Aos meus amigos, LAÍS, FELIPE e CLARINHA por todos os momentos que dividimos e por existirem em minha vida.

Ao meu amigo e companheiro, RODOLFO, com quem muito aprendi e que me apresentou à novos caminhos e compartilhou momentos e experiências eternas.

Aos professores ÂNGELA REBELO e, em especial, FRANCISCO BARROS por fornecerem dados utilizados neste trabalho e por me ajudar com as “dúvidas estatísticas”.

À RAÍSSA SIMÕES, não somente pelas “figurinhas coloridas”, mas pela companhia e grande amizade que encontrei nessa estrada da Oceanografia.

Aos meus amigos e colegas de laboratório, PUMBEIRA e GILMARA, presentes em todas as etapas de realização. Em especial, à GABRIEL, meu “co-orientador”.

Agradeço ao CNPq pelo apoio financeiro ao projeto no qual esta monografia está inserida e pela bolsa de iniciação científica concedida a mim.

À todas as pessoas que direta ou indiretamente colaboraram para meu crescimento e para a realização deste trabalho.

MUITO OBRIGADA!!!

“Think Globally, Act Locally”

Patrick Geddes

SUMÁRIO

	Pág.
SUMÁRIO.....	i
RESUMO.....	ii
1. INTRODUÇÃO.....	1
2. OBJETIVOS.....	5
2.1. Objetivo geral.....	5
2.2. Objetivos específicos.....	5
3. METODOLOGIA.....	6
3.1. Área de Estudo.....	6
3.2. Amostragem.....	7
3.2.1. Sedimento Superficial.....	8
3.2.2. Testemunhos.....	8
3.2.3. Parâmetros Físico-Químicos e Granulometria.....	8
3.2.4. Assembléias Bentônicas.....	9
3.2.5. HPAs (Hidrocarbonetos Policíclicos Aromáticos).....	9
3.3. Pré-Tratamento e análise dos teores de metais, C, N.....	9
3.4. Análises Estatísticas.....	11
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	13
4.1. Parâmetros Físico-Químicos e Granulometria.....	13
4.2. Carbono e Nitrogênio.....	17
4.3. Controle de Qualidade.....	21
4.4. Metais.....	22
4.5. PCA e BioEnv.....	38
5. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	41
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	43
7. ANEXOS.....	48

RESUMO

Áreas de referência são caracterizadas por serem locais prístinos, bem preservados ou pouco impactados, e constituem uma das principais ferramentas utilizadas em estudos de monitoramento ambiental. No presente trabalho, os padrões de distribuições dos elementos maiores e menores nos sedimentos da Baía de Camamu foram avaliados visando detectar o potencial da região como uma área de referência. Foram realizadas amostras superficiais e testemunho nos sedimentos ao longo da Baía de Camamu para determinação dos teores de metais. Secundariamente foram analisados os teores de HPAs, carbono, nitrogênio, granulometria e estrutura da assembléia bentônica. Os metais foram normalizados com alumínio e foram identificadas as estações que apresentavam indício de alteração antrópica. Os teores “background” foram determinados através de regressão linear para os elementos Cd, Cr, Fe, Mg, Mn, Ni, Si e Zn. Os sedimentos da Baía de Camamu são compostos, predominantemente, por areia. Os resultados de nitrogênio e carbono indicaram que a região não apresenta aporte significativo de efluentes domésticos. Em termos dos metais analisados, a maior parte da Baía de Camamu encontra-se em seu estado natural, e as concentrações, em geral, não oferecem risco de efeitos adversos à biota. As diferenças ao longo do perfil vertical foram atribuídas às variações naturais do ambiente, e as concentrações estavam dentro do intervalo “background” estipulado. Em comparação com outras áreas costeiras impactadas, os teores de metais encontrados para a Baía de Camamu são menores. Com base no que foi estudado neste trabalho, é possível concluir que a Baía de Camamu encontra-se em bom estado de preservação e que grande parte de sua área pode ser considerada como uma área de referência para estudos de monitoramento ambiental no âmbito dos metais estudados.

Palavras chaves: metais traço; monitoramento ambiental; área de referência.

1. INTRODUÇÃO

Estudos de monitoramento ambiental são muito importantes, uma vez que geram dados, ao longo do tempo, que permitem uma avaliação da evolução da qualidade do ambiente. Tais dados subsidiam tomadas de decisões relativas à preservação e o ordenamento dos ecossistemas costeiros. Para isso, os estudos de monitoramento ambiental utilizam diversas ferramentas, por exemplo, áreas de referência e áreas controle. A utilização destas áreas objetiva avaliar a ocorrência de alterações nas variáveis indicadoras da qualidade ambiental ao longo do tempo, como resultado das pressões antrópicas. Adicionalmente, estas ferramentas permitem mensurar o grau de impactação de uma área de interesse relativo às condições naturais e/ou controles.

Existem diferenças conceituais entre os termos área referência e área controle, embora existam na literatura algumas incongruências acerca do significado de ambos os termos. As áreas controles, em geral, são utilizadas para identificar o efeito isolado de uma atividade antrópica em particular (e.g. lançamento de efluentes, dragagem, carcinocultura, etc.) dentro do ambiente de estudo. Para isso, áreas controle precisam ser locais tão similares o quanto possível da área impactada de interesse, com a exceção, é claro, do próprio impacto estudado (GLASBY e UNDERWOOD, 1998; DOWNES *et al.*, 2002). Isto é, as características físicas (padrão de circulação, temperatura, regime de maré, granulometria dos sedimentos, etc.), químicas (pH, Eh, salinidade, concentração de oxigênio, etc.) e biológicas (características funcionais e estruturais das assembléias biológicas) do sistema precisam ser comparáveis.

Já as áreas de referência, são locais prístinos, bem preservados, ou pouco impactados. Estes são utilizados como padrão natural para comparação com áreas impactadas, ou seja, as áreas de referência fornecem um ponto de comparação ou “padronização” para a mensuração de impactos em outras regiões (DOWNES *et al.*, 2002; ABRAHIM e PARKER, 2008).

As áreas de referência devem representar as características físicas, químicas e biológicas de um ambiente sem interferência antrópica. DOWNES *et al.* (2002) consideram que as áreas de referência são primordiais no diagnóstico de qualidade ambiental e, por isso, deve-se conhecer o maior número possível de variáveis ambientais (físicas, químicas e biológicas) do sistema para uma descrição completa da dinâmica e da estrutura desses ambientes. Assim, as áreas de referência são ferramentas importantes que subsidiam diagnósticos ambientais precisos.

Para um local ser considerado uma área de referência é necessário que se cumpra a premissa de que suas variáveis não apresentem diferenças significativas em relação ao seu estado no período dito pré-antrópico, ou seja, as variáveis devem se comportar similarmente ao seu padrão de variação espaço-temporal natural ou “background”. Com isso, as áreas de referência devem localizar-se afastadas de grandes centros urbanos, industriais e/ou regiões conhecidamente impactadas.

Os teores de elementos maiores e menores “background” ou natural dos sedimentos são o resultado de vários processos, principalmente, do intemperismo continental, da erosão e lixiviação dos solos, de fontes biológicas ou da deposição atmosférica (BIANCHI, 2007). Esses valores são importantes para avaliar a qualidade ambiental de uma área de maneira precisa (ABRAHIM e PARKER, 2008).

Existem diversas formas de se obter os valores “background” para os sedimentos de uma determinada área: i. utilizar concentrações médias globais dos constituintes da crosta terrestre; ii. utilizar valores “background” de regiões semelhantes; iii. obter valores “background” da área de estudo a partir de testemunhos nos sedimentos e/ou rochas e solos da bacia de drenagem (ABRAHIM e PARKER, 2008); ou estimar os teores “background” através de normalizações com elementos de origem detrítica (ex. Al, Li, Fe, Si) (VEINOTT *et al.*, 2001). Vários estudos já demonstraram que as médias globais não são uma boa aproximação, pois cada ambiente apresenta valores naturais intrínsecos que, por vezes, possuem diferenças significativas das médias globais (ABRAHIM e PARKER, 2008). Assim, o uso de médias globais, quando empregado, deve ser feito com muita cautela, considerando as possíveis implicações dessas variações naturais. A melhor forma de quantificar o grau de preservação de uma área é obter os valores naturais da própria região. Entretanto, muitos estuários, rios e baías apresentam um histórico muito longo de contaminação, tornando a determinação dos valores “background” logisticamente complicado. Nestes casos, as áreas de referência podem ser utilizadas para mensurar o grau de impactação dessas regiões historicamente antropizadas.

Desde o século XVIII, com a revolução industrial, o mundo vem passando por uma rápida expansão e industrialização. Com isso está cada vez mais raro, e muitas vezes impossível, encontrar locais onde as ações humanas não tenham alterado significativamente o meio ambiente. Identificar potenciais áreas de referência é, portanto, um trabalho importante, ainda que por muitas vezes complicado devido às dificuldades em identificar/localizar tais ambientes.

Aliado ao crescimento demográfico e econômico exponencial dos últimos séculos, observa-se que as populações humanas se concentraram próximo à linha de costa ou nas margens de rios e estuários (PERILLO, 1996). ALONGI, em 1998,

estimou que mais de 60% da população mundial vivia na região costeira, próximas à ambientes estuarinos. TILMAN *et al.* (2001), por sua vez, prevêem que em 2025 mais de 75% da população mundial habite a zona costeira, representando um total de 6,3 bilhões de pessoas. No Brasil, o cenário se repete, cerca de 36,5 milhões de brasileiros vivem na zona costeira, com uma densidade demográfica seis vezes maior do que a média nacional (LOPES, 2009). As últimas cinco décadas, em especial, foram determinantes na aceleração e, também, na potencialização dos efeitos dos impactos antropogênicos nas zonas costeiras (BAPTISTA NETO *et al.*, 2008).

Na zona costeira, é possível encontrar diversos ambientes singulares, dentre eles destacam-se os estuários. De acordo com a definição proposta por PERILLO (1996) um estuário é:

“Um corpo de água costeiro semifechado, estendendo-se até o limite efetivo da influência da maré. Dentro dele a água do mar é diluída significativamente com a água fluvial proveniente da drenagem continental, podendo sustentar espécies biológicas eurihalinas durante uma parte ou por todo o seu ciclo de vida.”

Os estuários são ambientes particulares. Devido à mistura de águas salinas e dulcícolas que ocorre no seu interior, os estuários podem ser considerados como importantes reatores químicos, onde observam-se fortes gradientes de salinidade, temperatura, pH, material particulado em suspensão, entre outros. Além de serem considerados como ambientes de baixa energia, estes ambientes apresentam alta reatividade geoquímica, a qual propicia condições ideais para a ocorrência de diversos processos físico-químicos (sorção, precipitação, floculação, dessorção, entre outros) que favorecem a sedimentação do material particulado em suspensão para os sedimentos estuarinos (FORSTNER e WITTMANN, 1979). Assim, os estuários atuam como importantes retentores de contaminantes e matéria orgânica lançados na zona costeira (NOWICKI e OVIATT, 1990).

Os sedimentos estuarinos apresentam uma forte tendência em acumular contaminantes ao longo do tempo, em especial, os metais (CACCIA *et al.*, 2003) e compostos orgânicos hidrofóbicos (BIANCHI, 2007). Além disso, os teores dos contaminantes nos sedimentos são algumas ordens de magnitude maiores do que na coluna d'água. Consequentemente, mesmo que o aporte de contaminantes cesse, os sedimentos ainda serão capazes de indicar cenários de contaminação pretérita, e atuar como fonte de contaminantes para o ambiente (LUOMA e RAINBOW, 2008). Dito isto, os sedimentos estuarinos são considerados uma excelente matriz indicadora de qualidade ambiental, fornecendo um registro histórico de contaminação local.

Muitos estuários ao redor do mundo, apesar de sua importância ecológica, apresentam baixa qualidade ambiental devido à intensa atividade humana próxima às bacias de drenagem, bem como a elevada ocorrência de contaminação orgânica e inorgânica. De acordo com BIANCHI (2007), as altas concentrações de metais traços e nutrientes, especialmente nitrogênio, são as principais consequências da urbanização localizada nas proximidades desses sistemas. Dentre os principais impactos antrópicos na região estuarina BAPTISTA NETO *et al.* (2008) citam o aporte de esgotos, constituídos basicamente por compostos de nitrogênio e fósforo e em menor escala por metais e diversos hidrocarbonetos. Portanto, a caracterização robusta de estuários e baías ainda bem preservadas se torna fundamental para avaliar a evolução da qualidade ambiental dos ecossistemas costeiros, bem como, no entendimento multidisciplinar dos efeitos antrópicos na dinâmica destes ecossistemas.

Os metais são componentes estruturais da Terra, presentes naturalmente em diversas matrizes ambientais, tais como em rochas, atmosfera, biota, solos e águas naturais e em diferentes formas e concentrações. Ao contrário dos compostos orgânicos que, em geral, são biodegradáveis em compostos menores, os metais são lipofílicos e persistentes no ambiente, o que lhes confere a importante propriedade de bioacumular e biomagnificar, uma vez que o processo de detoxificação destes elementos nos organismos é lento e complexo (LUOMA e RAINBOW, 2008).

A alta toxicidade aliada ao grande aporte antropogênico, torna necessário que estudos avaliem os níveis de acumulação dos metais traços, principalmente, em ambientes estuarinos devido à sua alta capacidade de reter estes elementos e a sua grande importância social, econômica e ecológica como um ambiente de nidificação e alimentação de diversas espécies estuarinas e oceânicas economicamente exploráveis.

Além dos problemas relacionados ao acréscimo dos teores de metais, os estuários também sofrem com o aumento exacerbado de nutrientes, como nitrogênio e fósforo, que propiciam eutrofização destas áreas e consequente perda de diversidade, pela floração excessiva de determinadas algas e hipoxia das águas estuarinas.

Com base no apresentado acima, o presente trabalho visa testar o potencial da Baía de Camamu, em termos de elementos traços e maiores para ser utilizada como uma área de referência em estudos de monitoramento ambiental.

2. OBJETIVOS

2.1. Objetivo principal

Avaliar os padrões de distribuições dos elementos maiores e menores nos sedimentos da Baía de Camamu, com o intuito de testar o potencial da região para ser utilizada como área de referência no âmbito dos elementos estudados.

2.2. Objetivos específicos

- i. Determinar a qualidade dos sedimentos da Baía de Camamu em termos de elementos menores e maiores;
- ii. Avaliar os padrões de distribuição espaço-temporal das concentrações de metais nos sedimentos da Baía de Camamu;
- iii. Investigar as relações entre as concentrações dos elementos determinados, os parâmetros físico-químicos do sedimento (pH, Eh, granulometria) e os dados da estrutura da assembléia bentônica.

3. METODOLOGIA

3.1. Área de estudo

A Baía de Camamu (BC) está inserida na Bacia Marginal Cretácica de Camamu, situada, aproximadamente a 100 km ao sul da Baía de Todos os Santos (BTS), no Estado da Bahia ($13^{\circ}47'51''$ - $13^{\circ}54'51''$ S e $38^{\circ}45'33''$ - $38^{\circ}55'11''$ W) e apresenta uma área total inundável de 384km² (AMORIM, 2005).

Por ser uma região com alta diversidade de ecossistemas, com áreas bem preservadas de manguezal, restinga, remanescentes de Mata Atlântica, pradaria de algas e recifes corálicos (OLIVEIRA, 2000) foi criada, em 2002, a Área de Proteção Ambiental (APA) de Camamu. Acredita-se que com a criação da APA, a boa condição ambiental da região será preservada e, assim, o grande potencial de pesca e de exploração ecoturística da região será protegido.

A Baía de Camamu é tida como um sistema estuarino que pode ser subdividido em três microrregiões hidrológicas: i) porção norte, com influência do rio Serinhaém; ii) porção central onde predomina a descarga dos rios Igrapiúna, Pinaré e Sorojo e; iii) a porção sul que recebe o aporte do rio Maraú. Estes são os cinco principais rios responsáveis pelas descargas fluviais para a BC, sendo o rio Serinhaém o que apresenta a maior descarga média (16,5 m³s⁻¹ na estação seca e 18,1 m³s⁻¹ durante a estação chuvosa) (AMORIM, 2005).

A batimetria da região é bastante rasa (média de 5 m). No canal principal, a profundidade máxima é de 15 metros, próximo à ponta do Mutá. A BC se comunica com o mar através do canal de entrada da baía, que possui 6,4 km de largura na direção SO-NE, e apresenta topografia de fundo bem irregular e de difícil navegação. A circulação local é governada pelas variações de maré semi-diurna, com amplitude máxima de 2,7 m, em marés de sizígia e velocidades de corrente variando entre 0,6 e 1,2 ms⁻¹ (AMORIM, 2005). O clima da região é quente e úmido, com duas estações bem demarcadas. A estação chuvosa engloba os meses de março a julho e a estação seca ocorre durante os meses de agosto a fevereiro.

Em 1940, uma mineradora de sulfato de bário começou a explorar a porção central da BC, onde estão localizadas as duas maiores ilhas da região, a Ilha Grande e a Ilha Pequena. Estudos geoquímicos realizados na BC indicaram que apenas as regiões no entorno destas ilhas apresentam teores elevados de alguns metais (ex: Mg, Fe e Ba) e creditaram esse aumento aos 40 anos de exploração mineral que ocorreu nesta região (OLIVEIRA, 2000; HATJE *et al.*, 2008; PAIXÃO *et al.*, 2010). Além da

mineração, a BC tem sido objeto de interesse da indústria turística, imobiliária e petrolífera. O crescimento do interesse econômico acarreta sérios riscos à região, uma vez que a BC se torna mais vulnerável aos impactos antrópicos.

3.2 Amostragem

As amostras foram coletadas em setembro de 2008 (31 pontos de coleta de amostras superficiais e um testemunho - Fig. 1) ao longo da Baía de Camamu. Além disso, neste estudo também foram utilizados dados publicados por HATJE *et al.* (2008). Dos 32 pontos amostrados por HATJE *et al.* (2008) em julho de 2005, 19 são coincidentes com os pontos amostrados no presente trabalho.

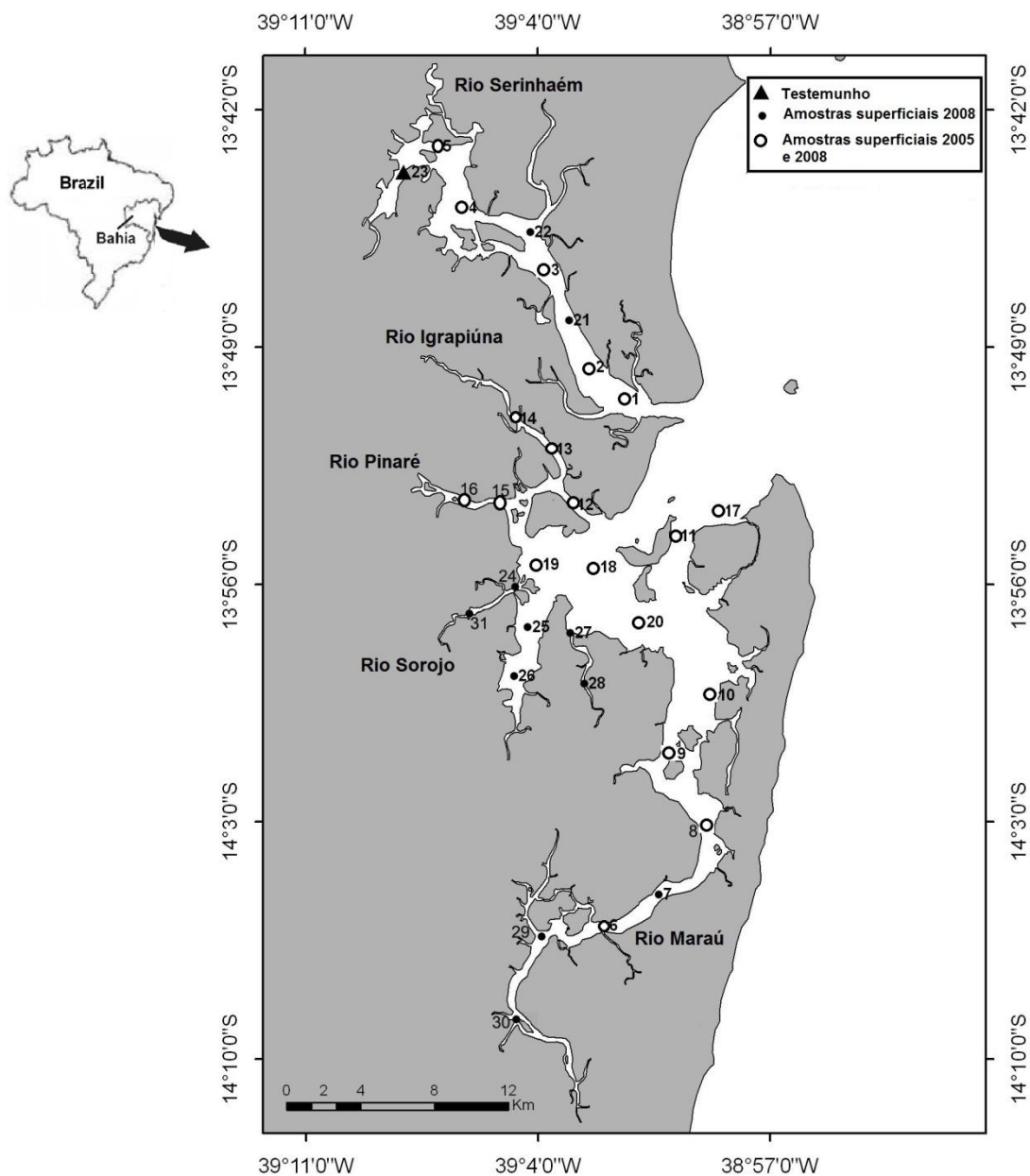


Figura 1. Mapa dos pontos amostrais da campanha de Setembro de 2008.

3.2.1. Sedimento Superficial

Para a caracterização espacial da geoquímica da BC, foram coletadas amostras superficiais de sedimentos com auxílio de um busca fundo Van Veen. O sedimento superficial (5 cm) foi retirado do centro da Van Veen, com colher de plástico descontaminada, e acondicionado em recipientes plásticos também descontaminados. As amostras foram congeladas em campo e levadas ao laboratório para o pré-tratamento e análise.

3.2.2 Testemunho

O testemunho foi coletado por um mergulhador autônomo com tubo de acrílico, previamente descontaminado, com 5 cm de diâmetro e 70 cm de profundidade. Para a coleta, o tubo foi enterrado verticalmente no sedimento, as extremidades foram tampadas e o testemunho foi mantido na vertical até o seu desembarque. No laboratório de campo, a água superficial sofreu sucção, o testemunho foi deitado, e com o auxílio de um pistão o material foi retirado e fatiado a cada 2-3 cm. As camadas foram separadas com uma espátula plástica descontaminada e acondicionadas, individualmente, em recipientes plásticos descontaminados. Todo o material utilizado foi descontaminado em banho de Extran 2% por, ao menos, 24 horas e em seguida em banho com ácido nítrico 10% por pelo menos 24 h.

3.2.3. Parâmetros Físico-Químicos e Granulometria

Os parâmetros físico-químicos (Eh e pH) foram medidos, *in situ*, no sedimento utilizando um medidor de pH/Eh (Thermo Orion 630) previamente calibrado. Em cada ponto amostral de superfície, foi coletada uma fração de sedimento da Van Veen para a análise granulométrica. As amostras foram peneiradas a úmido no Laboratório de Ecologia Bentônica (IBIO-UFBA) utilizando um agitador mecânico e um jogo de peneiras específico para análises granulométricas de sedimento. A fração fina do sedimento (inferior à 0,063 mm) foi seca em estufa, por 24h à 60°C, e pesada. Nas amostras com teores de finos maiores que 5% foram feitos ensaios de finos utilizando densímetro no laboratório de Geotecnia da Faculdade Politécnica da UFBA. A classificação das frações granulométricas foi realizada com software Sysgran (versão 3.0).

3.2.4. Assembléias Bentônicas

Para análise da estrutura da macrofauna bentônica foram coletadas 4 réplicas em cada ponto amostral com auxílio de tubo de PVC (10 cm de diâmetro x 15 cm de altura). Em campo, o sedimento foi peneirado com malhas de 0,5 mm e a fração retida na malha foi conservada em etanol à 70% e congelado, para posterior triagem em laboratório. Todo o procedimento de triagem e identificação da macrofauna bentônica foi realizado no Laboratório de Ecologia Bentônica (IBIO-UFBa) com auxílio de microscópio estereoscópico. A identificação da maior parte dos invertebrados foi realizada ao nível de família, quando não foi possível identificou-se ao nível de ordem. Os dados foram cedidos para este trabalho pelo Professor Francisco Barros.

3.2.5. HPAs (Hidrocarbonetos Policíclicos Aromáticos)

Amostras de sedimento superficiais foram coletadas nos pontos apresentados na Fig.1 com auxílio de um busca-fundo Van Veen. O sedimento superficial (5 cm) foi retirado do centro da Van Veen com colher ou pá de pedreiro de metal, forrada por papel alumínio previamente descontaminado. As amostras foram acondicionadas em recipientes de alumínio (quentinhas), também descontaminados. As etapas de pré-tratamento e análise de HPAs foram realizadas pela Professora Ângela de Lucca Rebelo, na PUC-RJ. Neste trabalho, os dados de HPAs, assim como os da assembléia bentônica foram utilizados apenas como dados secundários para as análises estatísticas (PCA e BioEnv) visando uma melhor compreensão das variáveis que controlam a dinâmica do ambiente.

3.3. Pré-Tratamento e análise dos teores de metais, C e N.

Em laboratório, as amostras de sedimento superficial e de testemunho foram secas em liofilizador (Terroni Fauvel LT 6000) por, ao menos, 48 h. A cominuição do sedimento foi feita em moinho de bolas, usando vial e bolas de carbeto de tungstênio (Moinho modelo SPEX 8000M). Este procedimento foi realizado para promover a desagregação e homogeneização completa da amostra. O acondicionamento final foi feito em recipientes plásticos descontaminados à temperatura ambiente, lacrados em embalagens tipo ziploc.

Para a análise dos teores de elementos traços e maiores (As, Ca, Cd, Co, Cr, Cu, Fe, Al, Mg, Mn, Ni, Pb, Zn e Si) foi feita uma extração parcial com 10 mL de HCl 1 molL⁻¹ e aproximadamente 0,3 g de amostra, em mesa agitadora à 200 rpm, por 12 h à temperatura ambiente. Após a extração, as amostras foram submetidas à centrifugação por 10 minutos à 2500 rpm, para separação das fases líquida e sólida. O sobrenadante foi recolhido para a determinação dos elementos estudados. A determinação dos elementos foi feita com espectrômetro de emissão óptica com plasma indutivamente acoplado (ICP OES) com vista axial (VISTA PRO, Varian, Mulgrave, Australia) (Fig. 2). Para assegurar a qualidade analítica, um mínimo de dez brancos foi preparado em cada lote de análise. A precisão e exatidão da técnica foram testadas utilizando material certificado de referência MESS-3 e PACS-2 (Conselho Nacional de Pesquisa do Canadá).

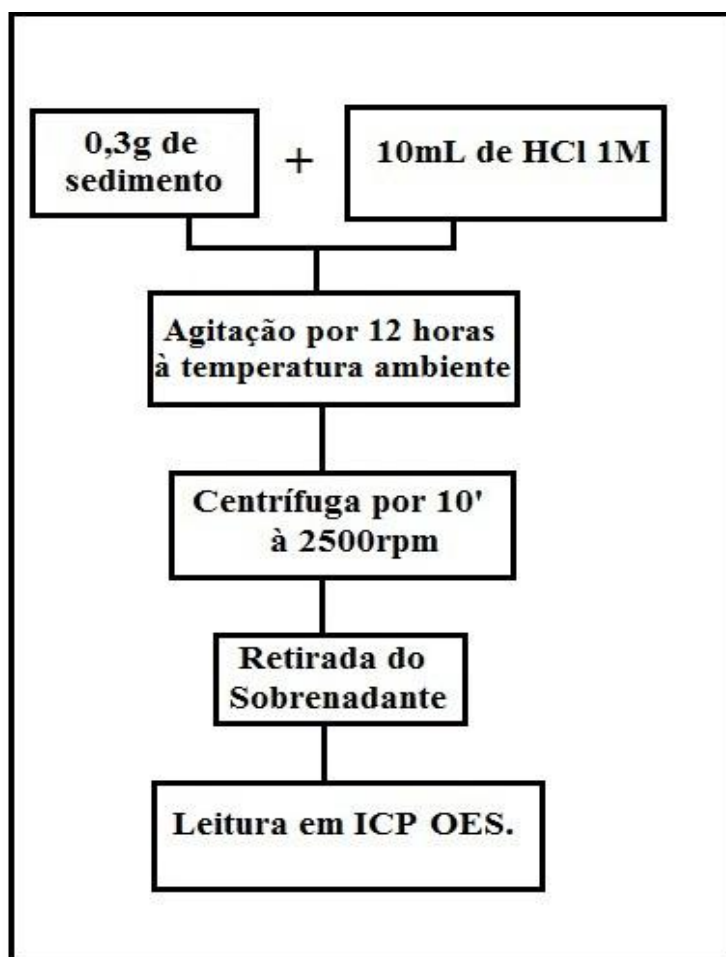


Figura 2. Esquema de procedimento analítico para elementos traço e maiores após a secagem e moagem das amostras de sedimentos.

Os teores de carbono orgânico e nitrogênio dos sedimentos superficiais foram obtidos através de analisador elementar CHN. Inicialmente os sedimentos foram descarboxados com HCl 1 molL⁻¹, para eliminar a fração de carbono inorgânico. Em

béqueres, 10 mL de HCl 1 molL⁻¹ foram adicionados à 7 g de sedimento, as amostras foram aquecidas em chapa à 80°C até completa evaporação do ácido. Para garantir a completa remoção do ácido clorídrico, foram adicionados 10 mL de água ultra pura (Milli-Q) nos béqueres e esperou-se evaporar toda a água. Realizou-se o procedimento de adição de 10 mL e evaporação da água Milli-Q por três vezes.

3.4. Análises estatísticas

Foram calculadas as médias, desvios padrões e desvios padrões relativos (RSD) para as triplicatas de cada amostra analisada. Os dados das concentrações superficiais foram comparados com o guia de referência internacional SQUIRT da NOAA (2008). A única legislação brasileira que estabelece teores para metais em sedimentos é a Resolução do Conama nº 344 de 2004, na qual os valores são bem semelhantes aos adotados pela NOAA (2008). Entretanto, os valores previstos nesta Resolução são referentes a sedimentos em operações de dragagem.

Para as análises químicas dos elementos maiores e menores, utilizou-se a amostra total do sedimento. Esta abordagem diminui o tempo de pré-tratamento das amostras. Entretanto, como existe uma grande variabilidade granulométrica entre as amostras, é necessário normalizar as concentrações. Foram testadas as normalizações com Al, Fe, Corg, e com a fração de finos a fim de se obter a melhor correlação entre as variáveis.

A ocorrência dos valores “background” da região foi avaliada por regressão linear de acordo com metodologia proposta por VEINOTT *et al.* (2001). A regressão linear é uma técnica utilizada por diversos autores para se estimar o intervalo de ocorrência natural dos metais para uma determinada região (ALOUPI e ANGELIDIS, 2001; LUOMA e RAINBOW, 2008; SAKAN *et al.*, 2010; SOTO-JIMÉNEZ e PÁEZ-OSUNA, 2001). Utilizou-se um intervalo de confiança de 95%. Os valores dentro deste intervalo são tidos como naturais, os valores acima são pontos com enriquecimento, e os valores abaixo do intervalo são locais onde, provavelmente, devem estar ocorrendo empobrecimento do elemento. Os dados obtidos através do testemunho serviram para corroborar com os resultados gerados a partir da regressão linear.

No intuito de compreender a associação entre as variáveis estudadas, foi gerada uma matriz de correlação de Pearson. Além disso, para uma melhor compreensão da matriz de dados abióticos, foram realizadas Análises de Componentes Principais (PCA). Para compreender as relações entre os dados abióticos e os dados da assembléia bentônica foi utilizada a rotina BioEnv. Os dados

abióticos foram transformados por $\log(x+1)$ e os dados da assembléia bentônica por raiz quarta para a realização do PCA e da rotina BioEnv.

As análises estatísticas foram realizadas em software Excel 2010, SPSS 7.5 e Primer 6 para plataforma Windows.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. Parâmetros Físico-Químicos e Granulometria

Ao longo das 31 amostras de sedimento superficiais o Eh variou entre -423 e +271 mV (Fig. 3). Observou-se uma clara separação entre os valores de Eh ao longo da BC, a região dos rios Maraú e Sorojo, localizados mais ao sul da baía, apresentaram condições redutoras ($Eh < 0$; estações #7, 9, 10, 11, 17, 18, 19, 20, 24, 25, 26, 27, 28, 29, 30, 31). Estes resultados indicam que os metais presentes nesta área estão relativamente estáveis nos sedimentos, apresentando baixa toxicidade quando comparados à ambientes oxidantes. Isso se deve as reações com íons sulfetos, possivelmente, presentes na água (MORSE e CORNWELL, 1987). PAIXÃO *et al.* (2010) encontraram valores menores que 1 para a razão entre as concentrações de metais extraídos simultaneamente e ácido voláteis acidificados nos sedimentos da BC, corroborando com a hipótese de baixa mobilidade e toxicidade dos metais nos sedimentos da baía. Para os outros pontos amostrados, os sedimentos apresentaram condições oxidantes, onde é provável que ocorra precipitação de óxidos e hidróxidos de ferro e manganês para os sedimentos (LUOMA e RAINBOW, 2008).

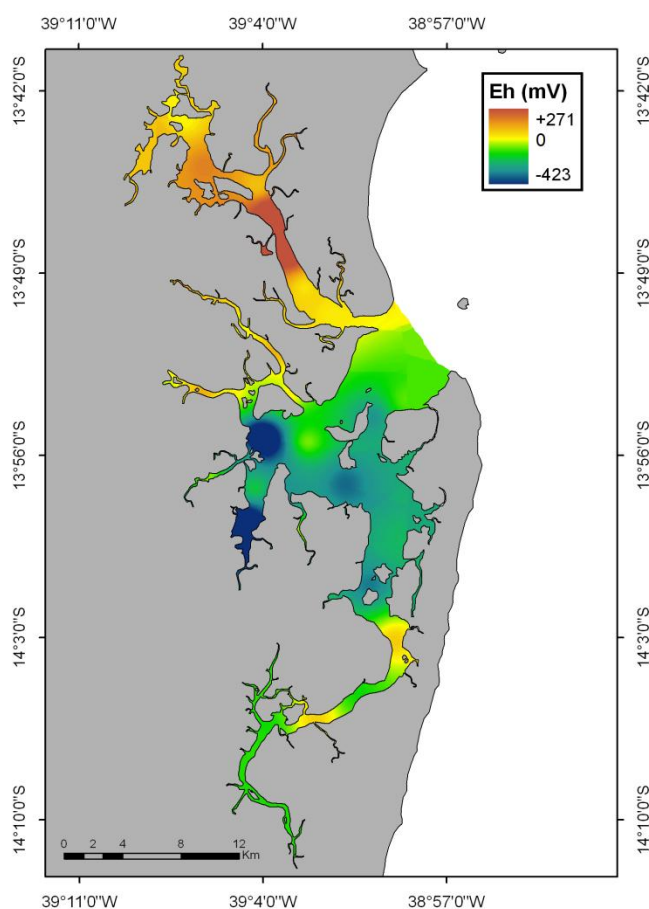


Figura 3. Valores de Eh do sedimento superficial das 31 estações amostrais da BC.

Os valores de pH dos sedimentos superficiais variaram entre 6,29 e 8,09 (Fig. 4). Os resultados são coerentes com a região estudada, rica em matéria orgânica e ácidos orgânicos, que reduzem os valores de pH da água do mar adjacente de 8 para valores próximos de 7 (WASSERMAN e CRAPEZ, 2002).

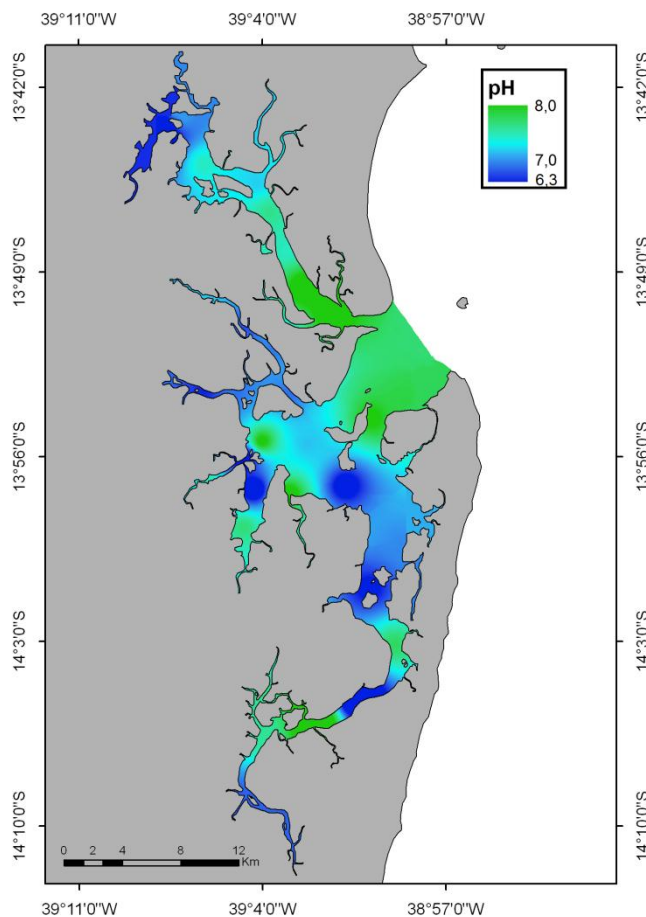


Figura 4. Valores de pH do sedimento superficial das 31 estações amostrais da BC.

Os resultados de Eh para o testemunho mostraram, como já era esperado, uma tendência de queda de acordo com o aumento da profundidade do testemunho (Fig. 5a). Quanto mais profundo o sedimento se encontra, maior é a compactação dos sedimentos e menores são os teores de oxigênio, logo, o ambiente torna-se mais redutor. Os valores de pH se mantiveram relativamente constantes ao longo do testemunho, com uma média de $7,06 \pm 0,35$. Na profundidade entre 21-24 cm foi observado um pico de 8,4, este resultado deve ser proveniente de algum problema durante a amostragem (Fig. 5b).

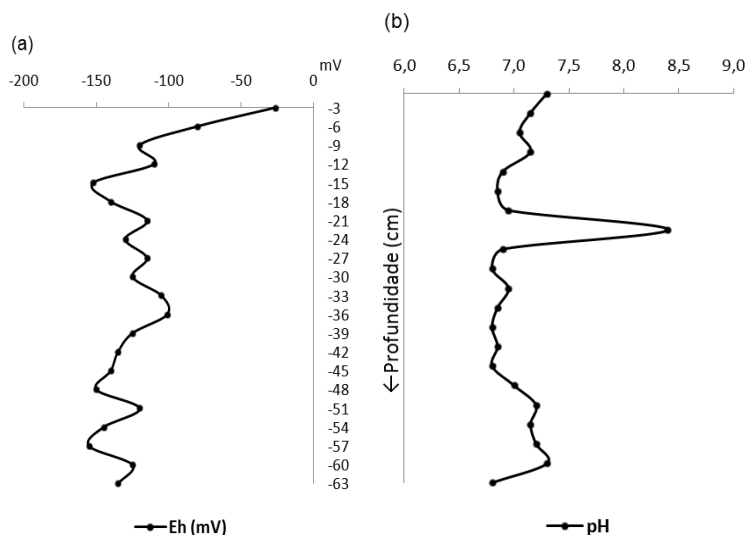


Figura 5. Resultados de (a) Eh e (b) pH do testemunho.

A análise granulométrica classificou os sedimentos de grande parte da Baía de Camamu como areia fina à areia grossa (fração areia > 70% - Fig. 7), com exceção de alguns pontos localizados no Rio Serinhaém (#5), no rio Maráu (#9 e #10), na região central da baía (#18 e #20) e no rio Sorojo (#25), onde os sedimentos foram classificados como silte grosso (Fig. 6). Resultados similares foram encontrados para a região por HATJE *et al.* (2008).

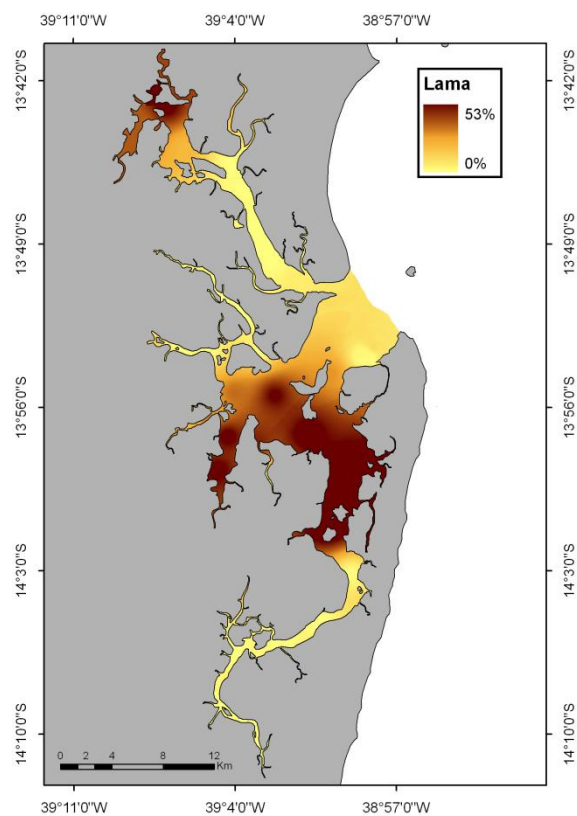


Figura 6. Distribuição do sedimento fino (silte e argila) ao longo da BC.

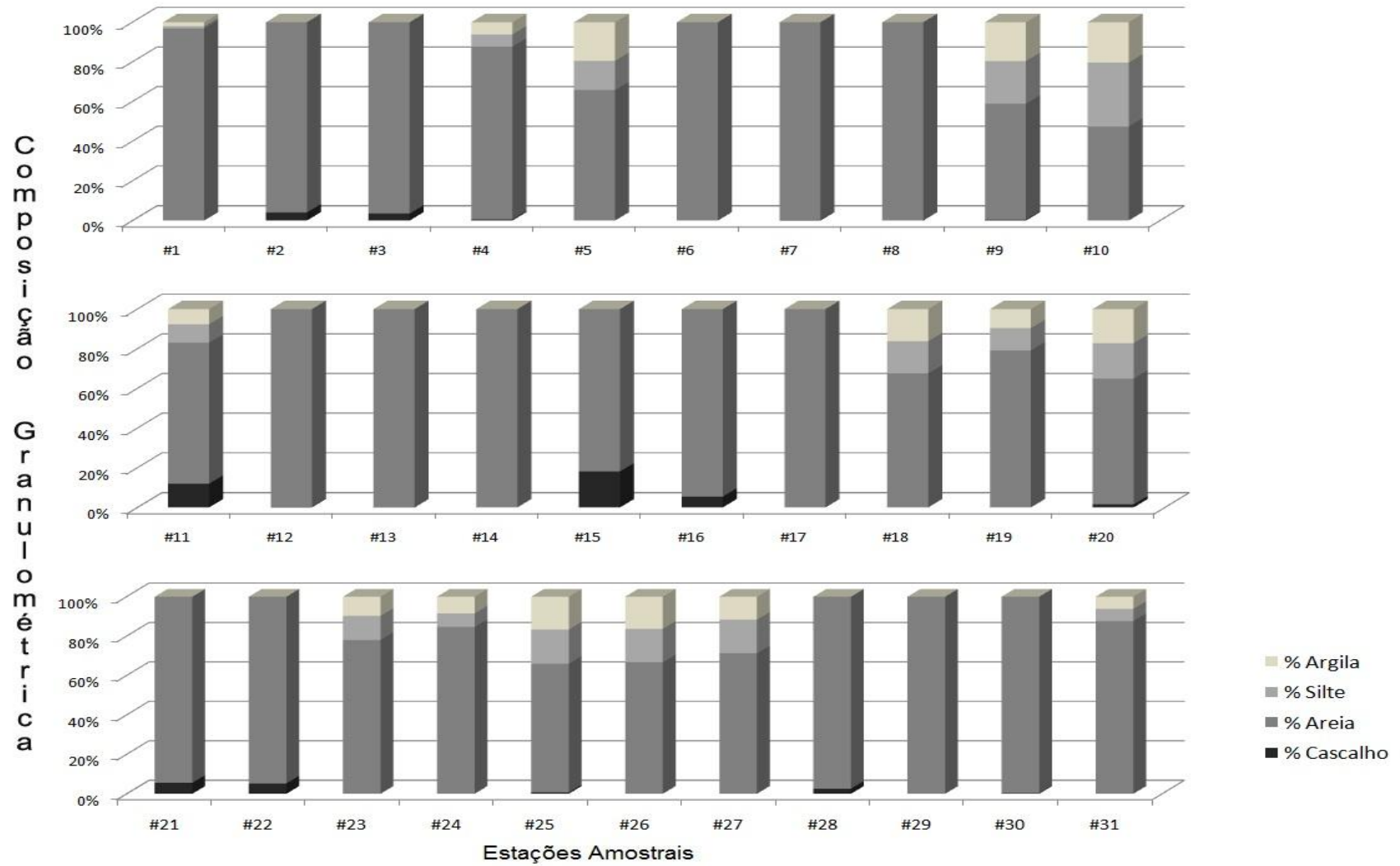


Figura 7. Distribuição granulométrica do sedimento superficial da Baía de Camamu.

4.2. Carbono e Nitrogênio

A matéria orgânica (MO) contida nos sedimentos é uma importante reserva do ciclo global do carbono (ESCOBAR-BRIONES e GARCÍA-VILLALOBOS, 2009), além de ser uma fonte de alimento para diversas espécies, e influenciar os ciclos biogeoquímicos de vários elementos nos ambientes costeiros (BIANCHI, 2007). A MO é composta principalmente por carbono orgânico e nitrogênio, e a partir da razão destes elementos é possível identificar a fonte (marinha ou terrestre) da mesma.

Apenas uma pequena parcela de toda a MO produzida pelos oceanos é estocada nos sedimentos; na zona costeira, como baías, estuários e plataforma interna, esta quantidade é maior. A taxa de preservação da MO depende de vários fatores como: taxa de produção, taxa de sedimentação, condições redox, granulometria e taxa de exportação (BIANCHI, 2007; ESCOBAR-BRIONES e GARCÍA-VILLALOBOS, 2009).

ONOFRE *et al.* (2008) utilizou uma fórmula para calcular o teor de MO a partir da concentração de carbono orgânico (Corg): $\%MO = \%Corg \times 1,724$, onde o valor 1,724 é o fator de conversão de Van Bemmelem, obtido pelo percentual médio de carbono orgânico contido na matéria orgânica. Com base nisso, foram calculados os teores de MO da região de infralitoral da Baía de Camamu. Eles variaram entre 0,14% no ponto #12 à 6,6% no #23, com uma média de 2,07%. O ponto #12 está localizado na desembocadura do rio Igrapiúna, região com domínio granulométrico da fração areia, já o #23 está localizado ao norte do rio Serinhaém.

Para a Baía de Camamu, foram encontrados valores médios de Corg de 1,20%, variando entre 0,08% à 2,83%, também nos pontos #12 e #23, respectivamente. Como já era de se esperar, encontrou-se uma correlação positiva entre os pontos com sedimentos mais finos e as estações com os teores mais elevados de carbono orgânico, como será discutido abaixo.

Os teores de nitrogênio variaram de não detectado à 0,21%, com média de 0,09%. Os pontos que apresentaram as maiores percentagens foram, respectivamente, o #9, #25 (0,21%), #26 (0,19%), #10 e # 20 (0,18%). Estes pontos localizam-se entre os rios Maraú e Sorojo. OLIVEIRA (2000) encontrou teores de nitrogênio e carbono mais elevados para a região (até 0,43% e até 11,08%, respectivamente), mas essa diferença pode ser explicada devido à amostragem ter sido realizada na zona de manguezal, onde predomina sedimentos mais finos, que apresentam capacidade adsortiva de MO (carbono e nitrogênio) elevada; além disso, o bosque de mangue atua como uma importante fonte de MO para os sedimentos.

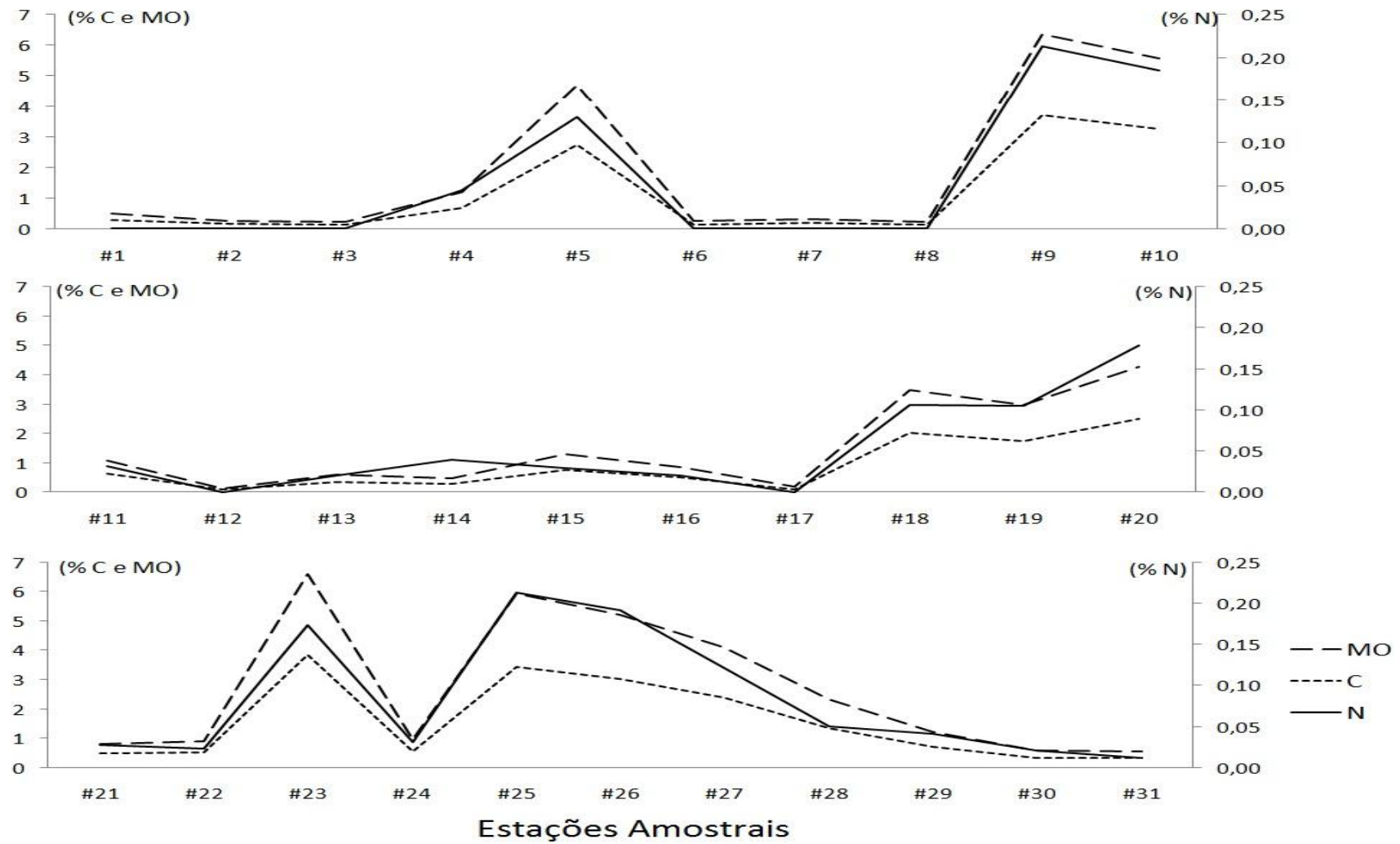


Figura 8. Porcentagens de carbono orgânico, nitrogênio e matéria orgânica nos sedimentos da BC.

Analisando as Fig. 6, 7 e 8 fica clara a associação entre as distribuições de carbono orgânico, nitrogênio, matéria orgânica e a fração fina dos sedimentos. Ao norte do rio Serinhaém e a região sul da BC, abrangendo parcialmente o rio Maraú (estações #4, 5, 9,10, 11, 18, 19, 20, 23, 24, 25, 26, 27), ocorreram os teores mais elevados de finos, e, conseqüentemente, as maiores concentrações de MO, carbono orgânico e nitrogênio. Em grande parte destas estações observou-se um ambiente redutor. O material fino, além de adsorver com maior eficiência a MO, impede a difusão do oxigênio para as camadas subsuperficiais dos sedimentos que, por sua vez, retardam a degradação da MO.

Foi feita uma regressão linear para se compreender a relação entre o carbono orgânico e o nitrogênio (Fig. 9). Estas duas variáveis estão fortemente correlacionadas ($r^2=0,9422$) demonstrando que a distribuição do nitrogênio está intimamente relacionada com a do carbono orgânico. Este resultado sugere que não há um aporte significativo de nitrogênio proveniente de efluentes domésticos. De acordo com HOLTVOETH *et al.* (2003), o coeficiente linear da curva de regressão é uma estimativa do nitrogênio inorgânico da amostra, com isso é um indicativo de *input* nitrogênio inorgânico no ambiente. O coeficiente linear obtido para a distribuição ao longo da BC foi de 0,0001%, evidenciando que a BC não tem fontes importantes de nitrogênio inorgânico.

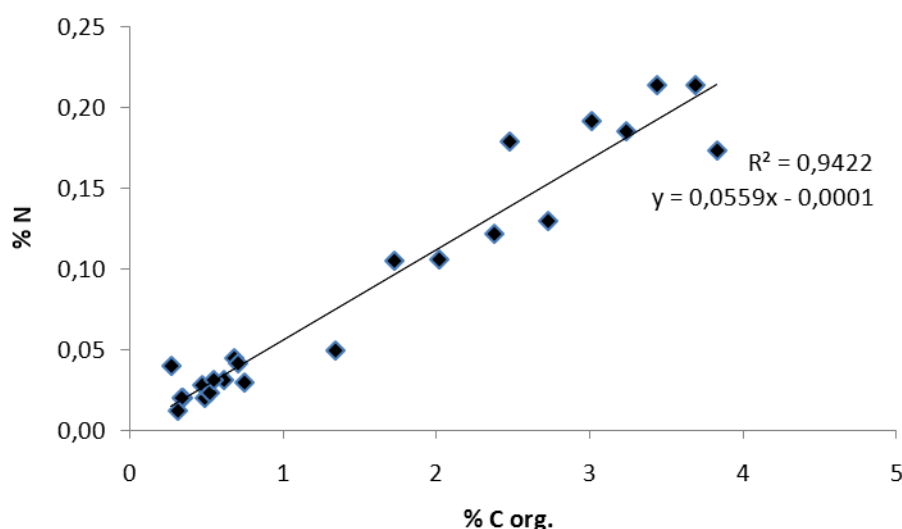


Figura 9. Regressão linear para os teores de carbono orgânico e nitrogênio ao longo da BC.

A razão C/N é uma ferramenta importante para a determinação da origem da matéria orgânica presente nos sedimentos. Matéria orgânica de origem terrestre têm, em geral, uma razão C/N > 15 (WAKEHAM, 2002), enquanto que a MO de origem marinha tem razão C/N < 10 (STEIN, 1991), ou seja, próxima à razão de Redfield. A razão C/N calculada para os sedimentos da BC foi em média 18 ± 5 . Apenas em uma estação no rio Igrapiúna (#14) a razão C/N indicou que a MO é de origem autóctone (C/N = 6,75). OLIVEIRA (2000)

também encontrou razões C/N elevadas, o que leva a crer que MO da BC é predominantemente de origem terrestre e encontra-se pouco degradada.

Tabela 1. Dados acessórios de profundidade, pH, Eh, carbono orgânico, nitrogênio, razão C/N, matéria orgânica e granulometria dos sedimentos superficiais da Baía de Camamu.

Amostra	Prof (m)	pH	Eh (mV)	% C	% N	C/N	% MO	% Cascalho	% Areia	% Silte	% Argila
#1	8,8	7,75	+45	0,29	<0.01	-	0,50	0	96,8	1,15	2,04
#2	6,5	7,75	+51	0,15	<0.01	-	0,26	4,07	95,9	0	0
#3	5,2	7,39	+261	0,13	<0.01	-	0,22	3,51	96,5	0	0
#4	6,3	7,30	+144	0,68	0,04	15,5	1,18	0,50	87,2	6,17	6,17
#5	3,4	7,07	+33	2,73	0,13	21,1	4,70	0	65,8	14,8	19,5
#6	8,3	8,09	+67	0,14	<0.01	-	0,24	0,08	99,9	0	0
#7	9,0	6,37	-55	0,19	<0.01	-	0,33	0,29	99,7	0	0
#8	7,5	7,47	+72	0,13	<0.01	-	0,22	0,10	99,9	0	0
#9	9,2	6,78	-175	3,69	0,21	17,3	6,36	0,41	58,5	21,5	19,6
#10	9,4	7,04	-105	3,24	0,18	17,5	5,58	0	47,4	32,2	20,4
#11	2,0	7,64	-150	0,62	0,03	19,78	1,07	11,97	71,1	9,32	7,63
#12	5,5	6,99	+33	0,08	<0.01	-	0,14	0,26	99,7	0	0
#13	4,0	7,01	+96	0,35	0,02	17,5	0,60	0,13	99,9	0	0
#14	3,5	6,93	+30	0,27	0,04	6,8	0,47	0	100	0	0
#15	5,8	6,99	+37	0,75	0,03	25,9	1,30	18,17	81,8	0	0
#16	7,2	6,84	+97	0,49	0,02	24,5	0,84	5,47	94,5	0	0
#17	3,5	7,53	-25	0,10	<0.01	-	0,17	0,08	99,9	0	0
#18	2,3	7,14	-16	2,02	0,11	19,1	3,47	0	67,5	16,2	16,2
#19	0,8	7,66	-422	1,73	0,10	16,5	2,98	0	79,2	11,2	9,61
#20	2,2	6,71	-190	2,48	0,18	13,9	4,28	1,53	63,5	17,8	17,2
#21	6,3	7,30	+271	0,47	0,03	17,0	0,82	5,56	94,4	0	0
#22	8,1	7,16	+80	0,52	0,02	22,6	0,90	5,28	94,7	0	0
#23	4,9	6,29	+94	3,83	0,17	22,1	6,60	0	78,0	12,2	9,8
#24	1,2	6,66	-136	0,55	0,03	17,6	0,95	0,05	84,6	6,83	8,5
#25	4,2	6,62	-86	3,44	0,21	16,1	5,94	0,64	65,3	17,4	16,7
#26	3,2	7,43	-423	3,01	0,19	15,8	5,20	0	66,7	17,0	16,3
#27	1,7	7,76	-153	2,38	0,12	19,6	4,10	0	71,3	17,1	11,7
#28	2,5	7,38	-3	1,34	0,05	27,1	2,32	2,60	97,4	0	0
#29	4,5	7,37	-53	0,71	0,04	17,23	1,22	0,05	99,9	0	0
#30	6,0	6,96	-49	0,34	0,02	16,9	0,59	0,31	99,7	0	0
#31	2,1	7,30	-11	0,31	0,01	25,8	0,54	0	87,6	6,18	6,18

- Não Determinado.

4.3. Controle de Qualidade

Os limites de detecção (LD) e quantificação (LQ) obtidos durante as leituras das amostras estão apresentados na Tabela 2. Para o cálculo dos LD e LQ foram realizados dez brancos em cada lote de análise. Então, foram calculados a média e os desvios padrões das intensidades do sinal dos brancos de cada metal extraído. Os cálculos dos LD e LQ foram realizados de acordo com as equações abaixo (IUPAC, 1997):

$$\text{LD} = (3 \times \text{Desvio padrão dos brancos}) / \text{Coef. Angular da curva analítica}$$

$$\text{LQ} = (10 \times \text{Desvio padrão dos brancos}) / \text{Coef. Angular da curva analítica}$$

Tabela 2. Limites de detecção e quantificação em mgL⁻¹.

	Limite de detecção	Limite de Quantificação
As	0,078	0,260
Ca	0,290	0,968
Cd	0,001	0,002
Co	0,002	0,007
Cr	0,001	0,003
Cu	0,002	0,005
Fe	0,009	0,031
Al	0,040	0,134
Mg	0,004	0,014
Mn	0,0002	0,001
Ni	0,011	0,036
Pb	0,038	0,127
Se	0,029	0,096
Si	0,022	0,074
Zn	0,012	0,040

As médias e desvios padrões dos materiais de referência certificado, MESS-3 e PACS-2, encontram-se na Tabela 3. Os resultados indicam uma boa precisão das análises. Como esperado, devido ao emprego de HCl 1 molL⁻¹ como agente extrator, a digestão do material de referência certificado foi incompleta para a maioria dos metais (1,23 – 91,8%), com exceção do Cd que obteve recuperações superiores (100%). A extração com HCl 1M está associada à obtenção da fração biodisponível de metais ligados aos sedimentos e as recuperações obtidas estão de acordo com dados reportados na literatura (HATJE *et al.*, 2009).

Tabela 3. Valores de referência e de recuperação do MESS-3 e PACS-2 em mg/kg, exceto o Ca, Fe, Al, Mg e Si (%).

	Valor Certificado MESS-3	Valor Obtido MESS-3	Valor Certificado PACS-2	Valor Obtido PACS-2
As	20,7 ± 0,80	3,08 ± 0,52	26,2 ± 1,5	7,71 ± 0,69
Ca	1,47 ± 0,06	1,35 ± 0,01	1,96 ± 0,18	0,52 ± 0,01
Cd	0,24 ± 0,01	< LD	2,11 ± 0,15	2,13 ± 0,07
Co	13,8 ± 1,4	5,22 ± 0,34	11,5 ± 0,3	3,48 ± 0,31
Cr	106 ± 8,0	5,22 ± 0,22	90,7 ± 4,6	13,1 ± 0,75
Cu	39,3 ± 2,0	15,2 ± 0,57	310 ± 12	187 ± 6,09
Fe	4,35 ± 0,22	1,26 ± 0,04	4,09 ± 0,06	1,02 ± 0,06
Al	8,59 ± 0,23	0,91 ± 0,31	6,62 ± 0,32	1,28 ± 0,39
Mg	1,60	0,84 ± 0,01	1,47 ± 0,13	0,47 ± 0,02
Mn	365 ± 21	156 ± 1,75	440 ± 19	63,2 ± 3,66
Ni	49,3 ± 1,8	10,4 ± 0,32	39,5 ± 2,3	9,70 ± 0,50
Pb	21,9 ± 1,2	12,6 ± 0,48	183 ± 8	132 ± 4,51
Se	0,72 ± 0,05	< LD	0,92 ± 0,22	< LD
Si	27,0	0,39 ± 0,04	28,0	0,37 ± 0,02
Zn	172 ± 16	61,7 ± 1,62	364 ± 23	256 ± 4,74

LD = limite de detecção.

4.4. Metais

Sedimentos finos têm uma razão área/volume até 5 vezes maior do que sedimentos grosseiros. Como resultado, as partículas finas têm uma tendência maior em reter os contaminantes presentes na água. Logo, ambientes deposicionais, onde os sedimentos são preferencialmente finos, são mais susceptíveis à acumulação de contaminantes, incluindo os metais, comparativamente aos ambientes que apresentam granulometria grosseira, mesmo quando o aporte é equivalente (HARBISON, 1986; LUOMA e RAINBOW, 2008).

Devido às grandes variações granulométricas nos sedimentos estuarinos e à associação preferencial dos metais com as partículas finas, faz-se necessário uma normalização granulométrica para uma melhor compreensão dos padrões de distribuição dos metais no sedimento. Várias técnicas são citadas na literatura, desde o peneiramento na etapa de pré-tratamento (VASILE e VLADESCU, 2010) à normalização por elementos conservativos (Al, Fe, Mg, Na, Si, K) (SAKAN *et al.*, 2010), matéria orgânica (C) e teor de finos no sedimento (GRANT e MIDDLETON, 1990). Quanto ao procedimento de peneiramento, além de aumentar o tempo de preparação das amostras, não há consenso na literatura quanto à aplicabilidade do procedimento (GRANT e MIDDLETON, 1990). De acordo com SAKAN *et al.* (2010), a normalização geoquímica é superior à correção

granulométrica, mas para isso, o agente normalizador precisa estar relacionado com fração fina dos sedimentos e não sofrer alteração antrópica (GRANT e MIDDLETON, 1990).

Neste trabalho, optou-se por utilizar a normalização através da regressão linear para os elementos que cumpriram as premissas desta análise estatística (i.e. as variáveis precisam ter uma relação linear entre si, serem independentes e se distribuírem normalmente, além disso, as variâncias precisam ser homogêneas; SOKAL e ROHLF, 1998). Para os elementos que não cumpriram estas premissas foi realizada a normalização através das razões entre o metal e o agente normalizador, de acordo com a fórmula abaixo:

$$[\] \text{ normalizada} = \frac{[\text{Metal}]}{[\text{Elemento normalizador}]}$$

A melhor maneira de escolher o agente normalizador é através de diagramas de dispersão (SAKAN *et al.*, 2010). Para este trabalho testou-se a viabilidade da correção dos efeitos granulométricos com Al, Fe, C, e fração finos.

Dentre os quatro agentes normalizadores empregados, o Al e o Fe foram os que apresentaram uma melhor correlação linear com as concentrações dos metais, como exemplificado na Fig. 10, para o elemento níquel. Entretanto, em HATJE *et al.* (2008) foi identificado um possível enriquecimento antrópico de ferro para a região. Adicionalmente, o ferro é um elemento que sofre muitas mudanças devido à variações do potencial redox, sendo facilmente remobilizado nos sedimentos a partir de variações físico-químicas no ambiente e é indicado apenas para ambientes que apresentem uma distribuição homogênea dessas variáveis. Assim, o alumínio foi o elemento escolhido como normalizador para eliminar o efeito granulométrico.

O Al é amplamente utilizado na literatura para normalizações geoquímicas (LIU *et al.*, 2010; SOTO-JIMENEZ e PÁEZ-OSUNA, 2001; SHARMA *et al.*, 1999) devido a diversos fatores, como: ser o segundo componente mais abundante da crosta terrestre; manter concentrações e proporções constantes com grande parte dos metais durante o processo de erosão, transporte e sedimentação; ser componente dos argilo-minerais; e não sofrer aporte antropogênico significativo (BAPTISTA NETO *et al.*, 2008; SAKAN *et al.* 2010).

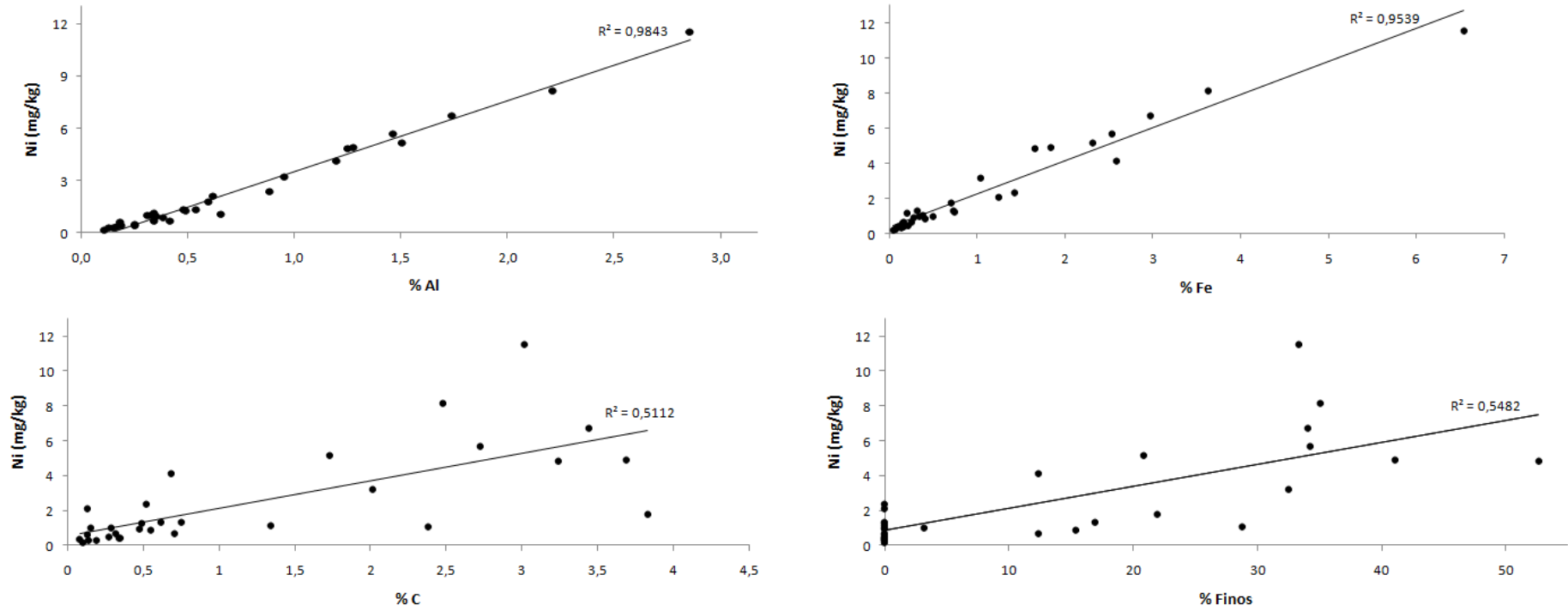


Figura 10. Diagramas de dispersão para normalização do elemento Ni com Al, Fe, C e fração de finos.

A normalização permite uma melhor visualização da distribuição e aporte de metais para o ambiente, uma vez que elimina o efeito granulométrico. Sem o uso desta ferramenta, é provável que a interpretação dos dados brutos de uma amostra arenosa indique um menor teor de metais em comparação com uma amostra siltosa, quando na realidade ambas as amostras possuem um teor de metais equivalente. Assim, após a normalização é possível visualizar mais claramente prováveis locais onde ocorre uma maior acumulação de contaminantes no ambiente.

No intuito de compreender a associação entre as variáveis estudadas foi gerada uma matriz de correlação de Pearson (Tab. 4). Com isso, observou-se uma separação clara em dois grupos de elementos: os elementos (Cd, Cr, Fe, Mg, Mn, Ni, Si e Zn) que se correlacionavam fortemente ($R > 0,8$) com o Al e os elementos (As, Ca, Co, Cu, Pb e Se) que apresentaram uma correlação fraca ($R < 0,6$) com o alumínio. Uma forte correlação entre elementos indica que os metais, provavelmente, tem origem e via de transporte comum. Enquanto que uma correlação fraca sugere que a distribuição dos metais é controlada por um conjunto de fatores que não foram contabilizados (ZHAN *et al.*, 2010). Além disso, notou-se que os metais, com exceção do Co e do Se, tiveram uma correlação negativa com a fração areia do sedimento, provando que esta fração é um fator diluente destes elementos (SOTO-JIMENEZ e PÁEZ-OSUNA, 2001).

Apenas o primeiro grupo de elementos (Cd, Cr, Fe, Mg, Mn, Ni, Si, e Zn) obedeceu as premissas exigidas pela regressão linear. Com isso, para este grupo foi realizada este tratamento com um intervalo de confiança de 95%, e estimada a faixa natural de ocorrência destes metais (Fig. 11a e 11b). Os elementos Zn e Ni foram transformados em raiz para atender a premissa da normalidade exigida pela regressão. Para o outro grupo de elementos (As, Ca, Co, Cu, Pb e Se) que não atendeu os critérios da regressão linear optou-se pela normalização através da razão com o Al (Fig. 12).

Tabela 4. Matriz de Correlação de Pearson

	As	Ca	Cd	Co	Cr	Cu	Fe	Al	Mg	Mn	Ni	Pb	Se	Si	Zn	Areia	Finos
As	1,00																
Ca	0,11	1,00															
Cd	0,48	-0,11	1,00														
Co	-0,02	-0,26	0,15	1,00													
Cr	0,59	0,01	0,91	0,04	1,00												
Cu	0,42	0,32	0,09	-0,37	0,36	1,00											
Fe	0,47	-0,11	1,00	0,15	0,91	0,09	1,00										
Al	0,54	-0,03	0,97	0,05	0,97	0,28	0,97	1,00									
Mg	0,64	0,03	0,89	0,02	0,99	0,40	0,89	0,96	1,00								
Mn	0,65	-0,05	0,88	0,12	0,92	0,27	0,89	0,90	0,94	1,00							
Ni	0,55	-0,10	0,98	0,12	0,96	0,24	0,98	0,99	0,95	0,91	1,00						
Pb	0,40	0,14	0,39	-0,14	0,60	0,61	0,39	0,51	0,66	0,66	0,49	1,00					
Se	0,22	0,20	-0,19	0,06	-0,18	-0,08	-0,20	-0,22	-0,17	-0,12	-0,20	-0,08	1,00				
Si	0,66	0,04	0,94	0,04	0,94	0,35	0,93	0,97	0,94	0,90	0,97	0,54	-0,14	1,00			
Zn	0,42	-0,13	0,94	0,13	0,81	0,07	0,93	0,91	0,79	0,75	0,91	0,33	-0,20	0,89	1,00		
Areia	-0,64	-0,25	-0,61	0,19	-0,78	-0,74	-0,61	-0,74	-0,82	-0,70	-0,73	-0,73	0,18	-0,81	-0,59	1,00	
Finos	0,62	0,18	0,62	-0,15	0,78	0,74	0,62	0,75	0,81	0,67	0,74	0,65	-0,17	0,81	0,61	-0,97	1,00

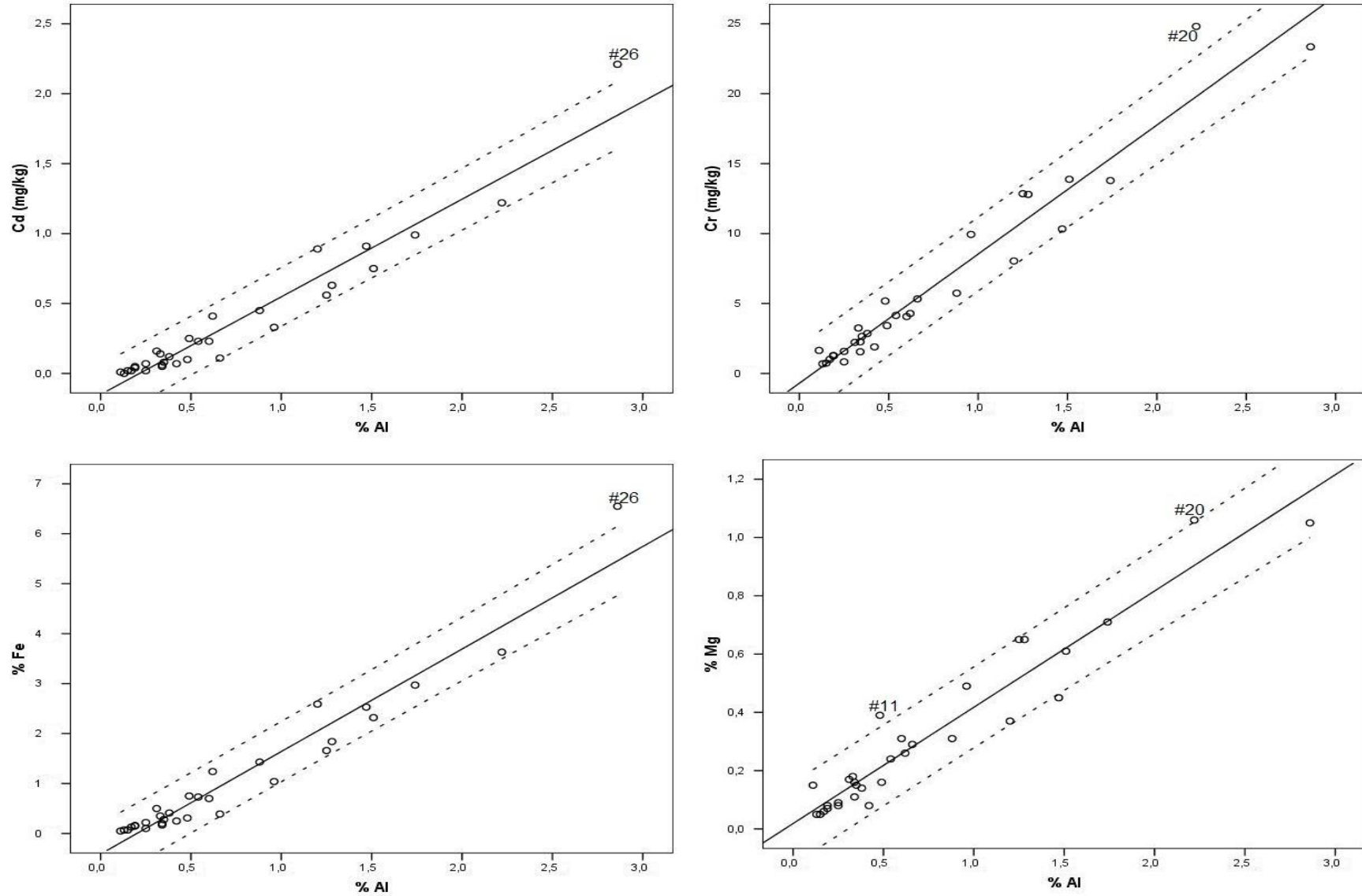


Figura 11a. Regressão de Cd, Cr, Fe e Mg com o Al. Linha sólida representa a linha de tendência da regressão, linhas pontilhadas delimitam o intervalo de confiança de 95% ($p < 0,001$).

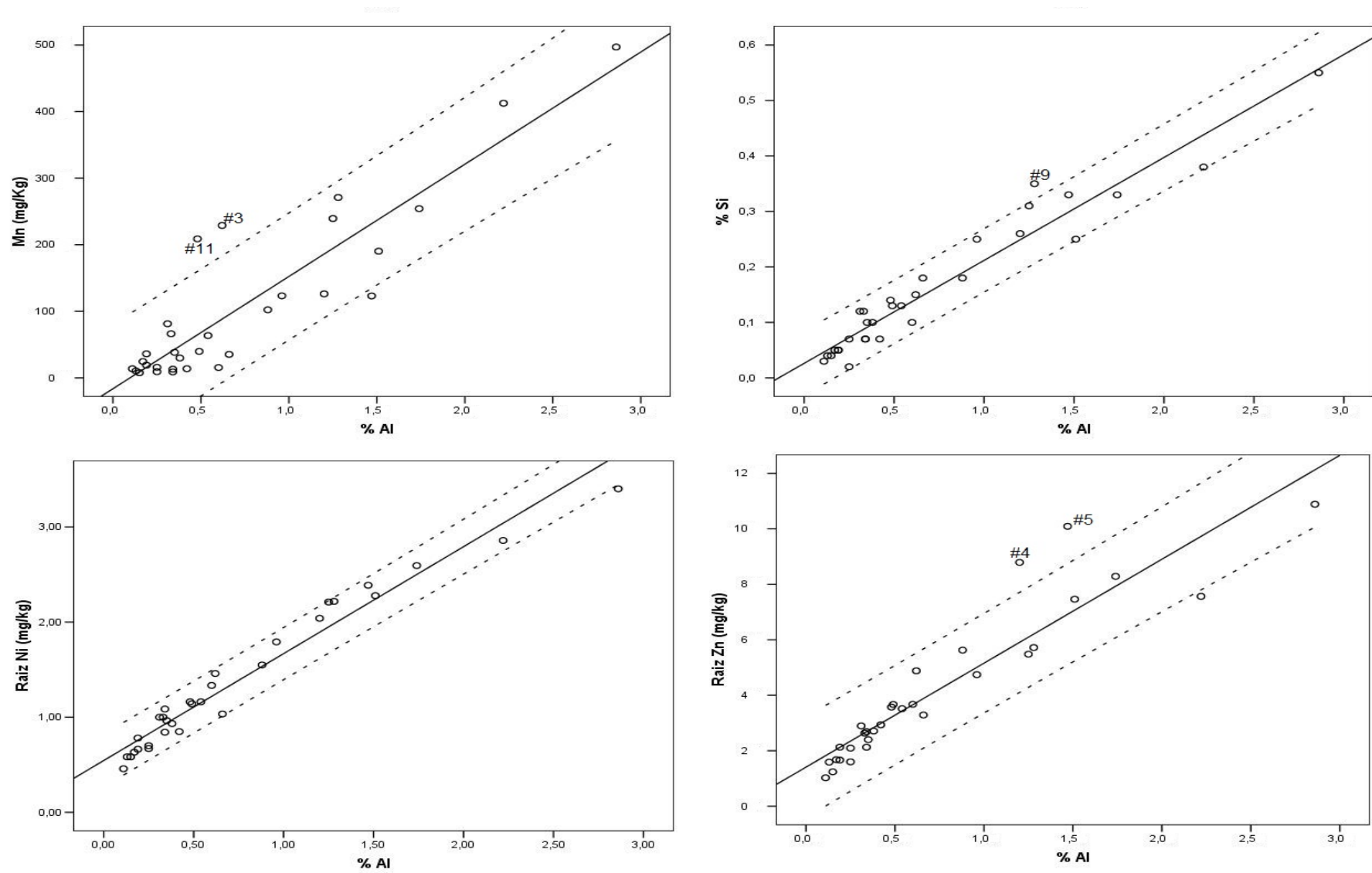


Figura 11b. Regressão de Mn, Si, Ni e Zn com o Al. Linha sólida representa a linha de tendência da regressão, linhas pontilhadas delimitam o intervalo de confiança de 95% ($p < 0,001$).

A maioria dos pontos amostrados na BC ficou dentro do intervalo de confiança de 95%, que representa a variabilidade natural de ocorrência desses elementos (ALOUPI e ANGELIDIS, 2001). De acordo com SOTO-JIMÉNEZ e PÁEZ-OSUNA (2001), o coeficiente linear da regressão próximo à zero é um indicativo de que os alumino-silicatos e o metal têm a mesma origem. Aliado à correlação significativa ($p < 0,001$) que estes elementos (Cd, Cr, Fe, Mg, Mn, Ni, Si e Zn) tiveram com o Al, é possível afirmar que, em geral, a distribuição destes metais é controlada pelos alumino-silicatos e têm origem natural.

Na região no entorno das Ilhas Pequena e Grande (#11 e #20), o Mn, Cr e Mg ocorreram de forma anômala, indicando que nesta região talvez exista uma fonte antrópica desses metais. Esta fonte pode ter sido à lavra da barita que ocorreu nestas ilhas durante 40 anos (HATJE *et al.*, 2008). O manganês (no ponto #3) e o zinco (nos pontos #4 e #5) apresentaram teores elevados ao longo do rio Serinhaém. Segundo HATJE *et al.* (2008) o aporte destes elementos seria decorrente dos efluentes da cidade de Ituberá, com aproximadamente 25 mil habitantes e que tem indústrias de borracha e cana-de-açúcar. Além disso, uma fonte importante de Mn e Zn para o ambiente são os fertilizantes (FORSTNER e WITTMANN, 1979) carregados para os estuários pela drenagem do solo.

Os elementos Fe, Cd e Si tiveram um único ponto acima do intervalo de confiança de 95% (#26 para o Fe e Cd, e #9 para o Si). Talvez estes locais estejam sofrendo algum tipo de *input* proveniente das cidades de Camamu e Maraú, respectivamente. Entretanto, como o Fe e o Si são elementos de origem detrítica (VEINOTT *et al.*, 2001) e raramente associados à *input* antropogênico, uma explicação plausível seria de que estes pontos apresentam concentrações naturais, e que na verdade eles sejam decorrentes do fato de que em uma população normal a cada 20 amostras é esperado que uma exceda o intervalo de confiança (VEINOTT *et al.*, 2001).

A fraca correlação do As, Ca, Co, Cu, Pb e Se com o Al é um indicativo de que, ao menos, parte da distribuição destes elementos é controlada por outros fatores além dos alumino-silicatos. Ou seja, em alguns pontos da BC há outras potenciais fontes destes metais para o ambiente, além dos alumino-silicatos.

O As teve uma correlação baixa, porém significativa ($R = 0,54$; $p < 0,05$) com o Al. Ou seja, cerca de 30% da concentração do As tem a mesma origem dos alumino-silicatos, enquanto que 70% é proveniente de fontes diversas. As razões As/Al e Se/Al mostraram uma alteração no padrão de distribuição destes metais (Fig. 12a e 12f) na saída do rio Serinhaém. Desta forma, acredita-se que nesta área ocorra um aporte significativo destes elementos. Em HATJE *et al.* (2010) o enriquecimento de As na porção externa de estuários da BTS foi atribuído ao transporte de sedimentos marinhos, ricos em As, durante a maré de enchente para dentro destes sistemas.

A razão Ca/Al teve um padrão de distribuição bastante peculiar. Pela Figura 12b é possível observar que na entrada e no centro da BC, assim como em alguns pontos no canal do rio Serinhaém e na foz do rio Pinaré, o Ca teve picos de concentrações. Atribuiu-se o enriquecimento de cálcio nos sedimentos à origem biogênica (precipitação de carapaças carbonáticas).

O Co mostrou-se bastante homogêneo ao longo da BC (Fig. 12c), entretanto próximo à cidade de Maraú a razão Co/Al sofre um grande aumento, indicando que nesta região há uma fonte pontual de Co para os sedimentos.

A razão Cu/Al mostrou que, principalmente, na região do entorno das Ilhas Pequena e Grande e no norte do rio Serinhaém existem fontes de Cu para o ambiente (Fig. 12d). Este resultado já era esperado um vez que o cobre compõe, juntamente com outros metais (Cd, Pb e Zn), o grupo dos “metais antropogênicos” (ALOUPI e ANGELIDIS, 2001), ou seja, são aqueles elementos que estão intimamente relacionados ao *input* antrópico. Além disso, CAMPOS (1984) analisou amostras da barita exploradas nas Ilhas e concluiu que o substrato da região é rico em Pb, Zn e Cu, assim, a mineração foi uma potencial via de mobilização destes metais para a área. Este mesmo padrão de enriquecimento próximo às Ilhas Grande e Pequena também foi encontrado para a razão Pb/Al (Fig. 12e). Fica evidente que a mineração da barita representou uma fonte importante para Cu e Pb, nos sedimentos próximos à lavra.

O uso da normalização permitiu identificar apenas três localidades na BC que provavelmente estariam recebendo aporte não natural de alguns metais. Nas Ilhas Grande e Pequena o enriquecimento de Mn, Cr, Mg, Pb e Cu é decorrente, muito provavelmente, da exploração de barita. Próximo à cidade de Maraú há um aporte de Co. E ao longo do canal do rio Serinhaém existe aporte de alguns metais: Zn e Cu na porção mais ao norte, próximo à cidade de Ituberá; Mn na porção central; e As e Se na região próxima à foz. Cabe lembrar que assim como na BTS e na costa do Espírito Santo, o As encontrado na desembocadura do Serinhaém, pelo menos em parte, é proveniente de origem natural, pela formação de depósitos marinhos associados ao Fe em condições oxidantes e levemente alcalinas (PIERCE e MOORE, 1982; HATJE *et al.* 2010), como as encontradas na região do Rio Serinhaém e próximo à saída da BC.

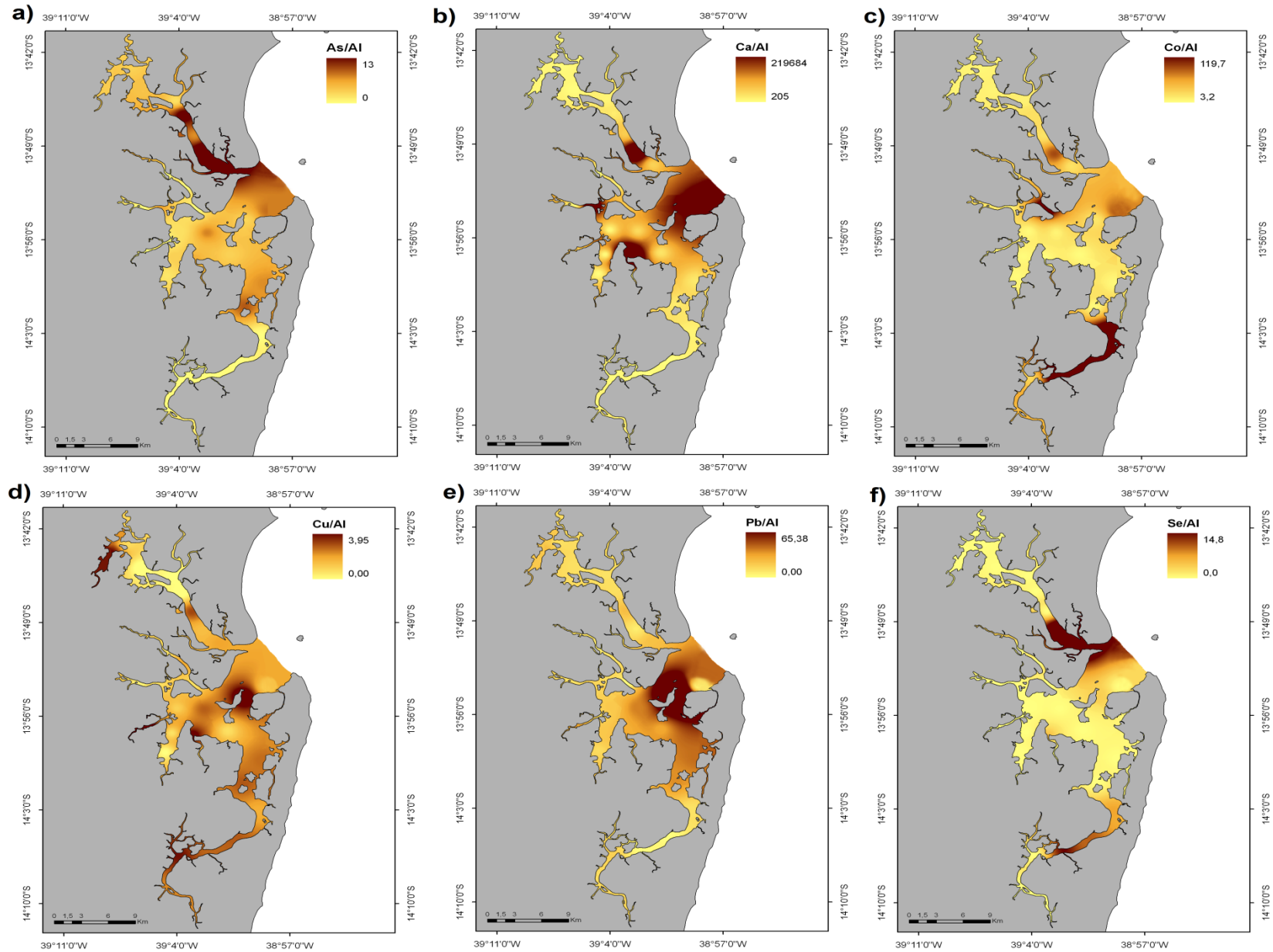


Figura 12. Distribuição de As (a), Ca (b), Co (c), Cu (d), Pb (e) e Se (f) após normalização com Al.

Para todo o restante da área da Baía de Camamu não foi encontrado nenhum indício de enriquecimento de metais, e assim sendo são sedimentos que mantêm as concentrações de metais em estado natural.

Através do software ArcGis destacou-se as áreas da Baía de Camamu que, de acordo com a normalização, provavelmente, apresentam algum tipo de alteração antrópica (Fig.13). Foram demarcadas três regiões ao longo da Baía de Camamu, totalizando uma área de 80km² com enriquecimento em algum metal.

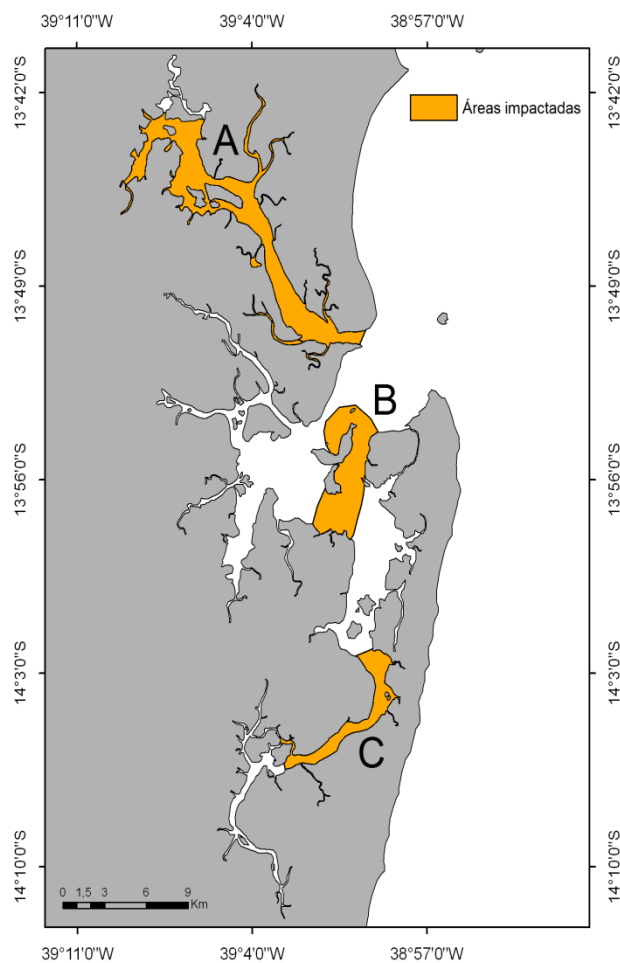


Figura 13. Delimitação das áreas impactadas ao longo da Baía de Camamu, de acordo com a normalização. Região A enriquecida por As, Cu, Mn, Se, Zn. Região B enriquecida por Mn, Cr, Mg, Pb e Cu. Região C enriquecida por Co.

Os valores médios e os desvios padrões de cada metal para as 31 estações amostrais, assim como os valores máximos e mínimos encontram-se apresentados no Anexo I. Em geral, os sedimentos da Baía de Camamu apresentaram teores de metais abaixo dos valores de referência da NOAA (2008) – ERL (nível a partir do qual efeitos adversos são esperados raramente) e AET (nível a partir do qual são sempre esperados

efeitos adversos à biota). Os valores dos metais As, Cu, Cr, Fe, Pb, Ni e Zn, para toda a BC, ficaram abaixo do ERL como exemplificado na Figura 14a para o Pb.

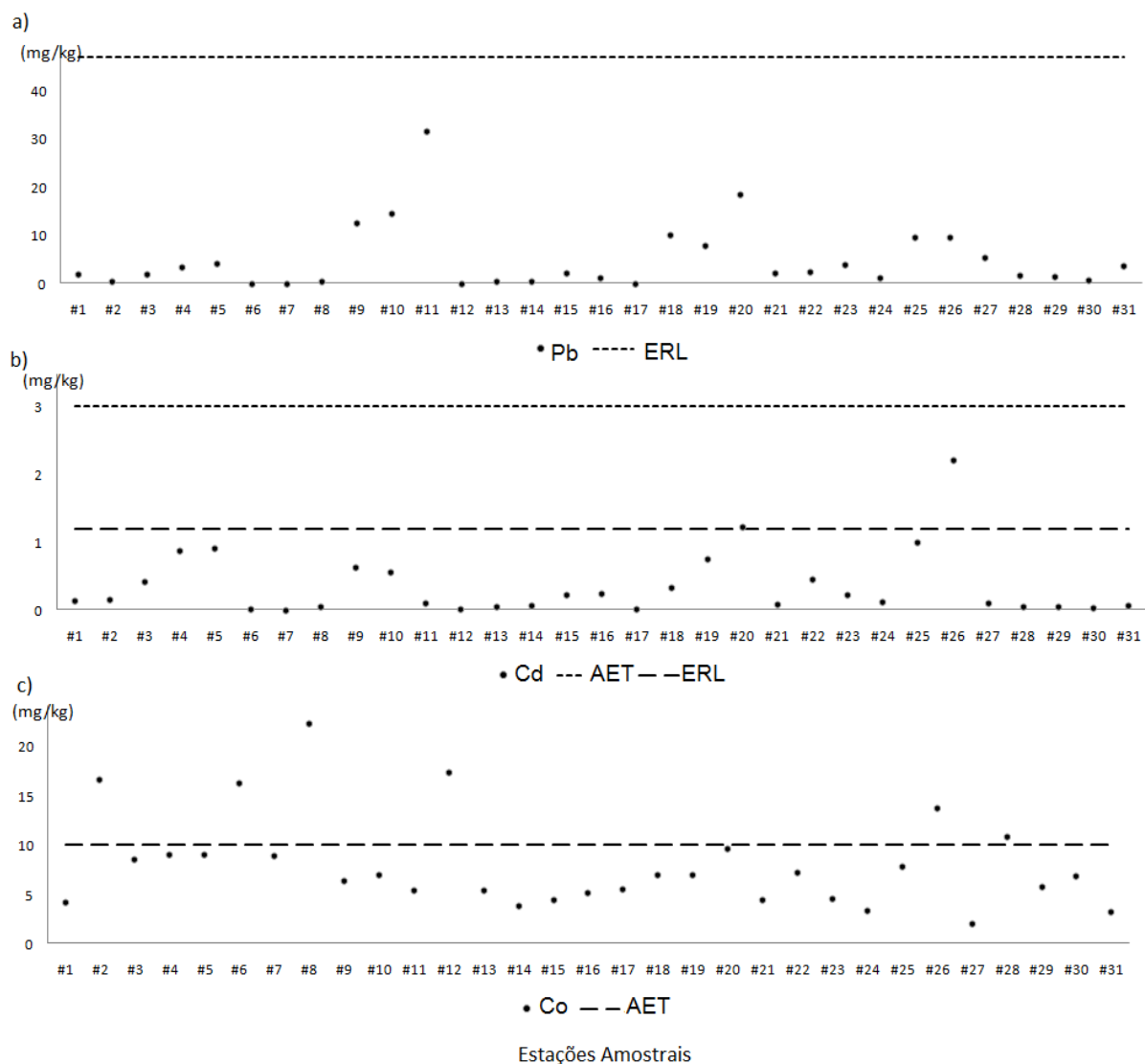


Figura 14. Concentrações de Chumbo (a), Cádmiio (b) e Cobalto (c) ao longo da Baía de Camamu. ERL e AET estão indicados na figura.

O cádmio teve valores acima do ERL (Fig. 14b) apenas nas estações #20 (próximo à Ilha Pequena) e #26 (próximo ao rio Sorojo). Os únicos elementos que tiveram concentrações mais elevadas do que o AET foram o Al, Co, Mn e Se. Nas estações #20 e #26, as concentrações do Al excederam o AET. Para o Se, as estações que apresentaram os teores elevados foram a #1, #2 (na desembocadura do rio Serinhaém) e #27 (no entorno da BC). O manganês excedeu o AET em três estações (#9, #20 e #26) e esteve próximo do limite em outras três estações (#3, #10 e #25), estas estações estão espalhadas na BC. Já o Co apresentou valores acima do AET nos rios Serinhaém, Maraú e no centro da BC (estações #2, #6, #8, #12, #26 e #28) (Fig. 14c). Vale ressaltar que estes valores de referência (AET e ERL) servem apenas como guias para auxiliar na interpretação dos possíveis efeitos que os metais estariam causando à biota.

As concentrações obtidas de metais no testemunho encontram-se dispostas no Anexo II, bem como os desvios padrões e os valores máximos e mínimos de cada metal analisado. Em geral, os resultados obtidos do perfil vertical realizado ao norte do rio Serinhaém (#23) seguiram a mesma tendência dos metais apresentados na Figura 15. Não houveram grandes variações ao longo dos perfis, e as diferenças encontradas entre os diversos estratos de profundidade foram atribuídas às variações naturais do ambiente.

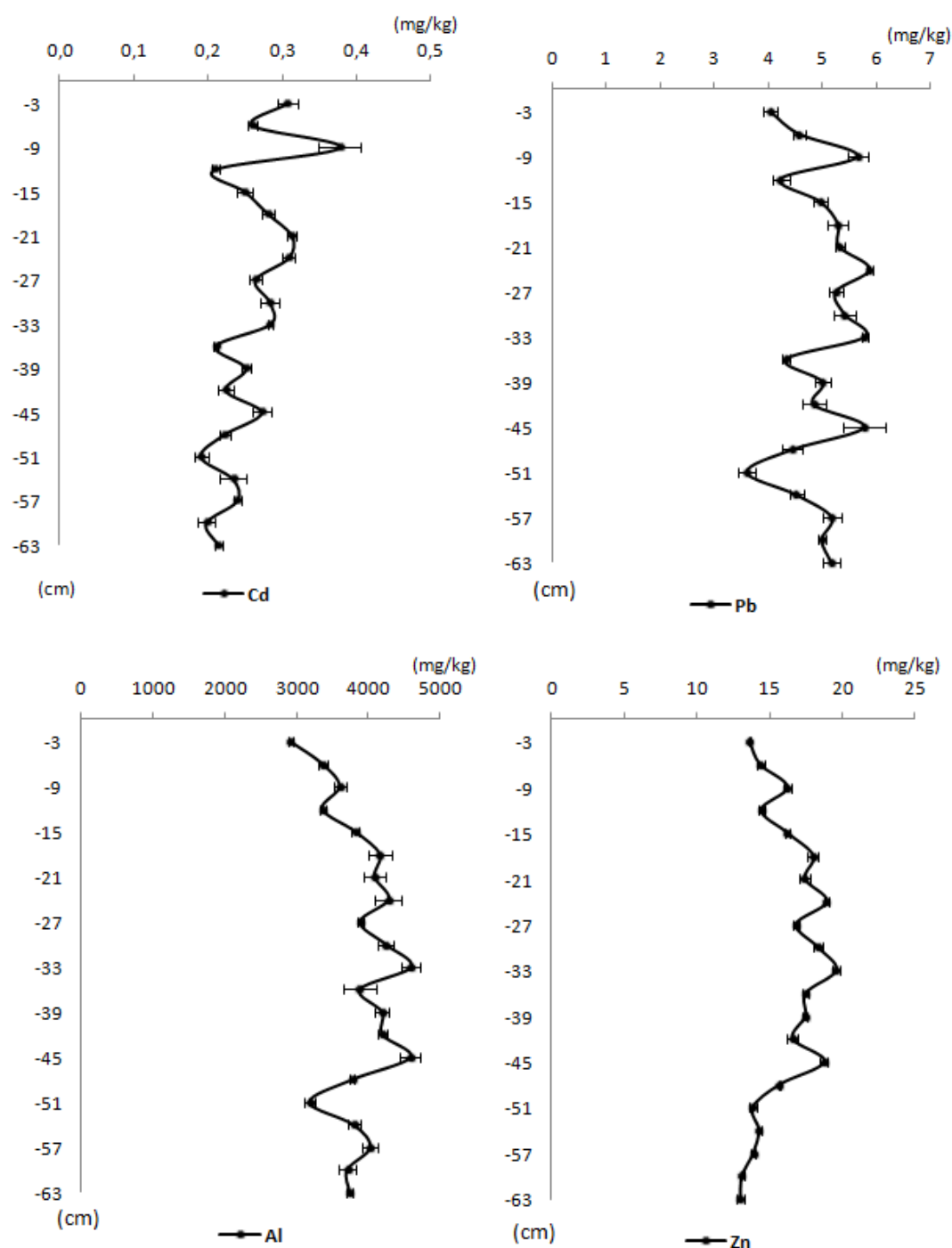


Figura 15. Perfil vertical de Cd, Pb, Al e Zn no sedimento da BC.

Comparando o intervalo de ocorrência natural de alguns metais obtido através da regressão linear e as concentrações encontradas ao longo do perfil vertical nota-se que os teores dos metais, ao longo de todo o testemunho, estão dentro do intervalo “background” estimado para o local do testemunho (Tab. 5), com exceção do Si e Mn que tiveram concentrações abaixo do “background” em alguns estratos de profundidade. O Mn, em especial, teve concentrações abaixo do intervalo “background” nos primeiros 27 cm do testemunho, indicando que recentemente a região ao norte do rio Serinhaém sofreu empobrecimento em Mn. As causas deste empobrecimento não foram descobertas, e fazem-se necessárias maiores investigações acerca do fato.

Tabela 5. Comparação entre as concentrações (mg.kg^{-1}) ao longo do testemunho e o intervalo de ocorrência natural dos metais através da regressão linear para o local do testemunho.

	Testemunho	Background
Cd	0,19 - 0,38	0,10 - 0,44
Cr	3,44 - 5,29	2,60 - 7,08
*Fe	0,54 - 0,95	0,32 - 1,32
*Mg	0,24 - 0,49	0,16 - 0,36
Mn	15,5 - 53,4	40,8 - 129
Ni	1,55 - 4,07	1,42 - 3,34
*Si	0,08 - 0,14	0,09 - 0,18
Zn	13,0 - 19,6	7,98 - 29,6

* %

Na Tabela 6 estão apresentados os teores “background” dos elementos Cd, Cr, Fe, Mg, Mn, Ni, Si e Zn estipulados para toda a área da BC. A faixa natural de ocorrência destes metais para a BC foi determinada a partir das concentrações obtidas nas amostras de sedimentos superficiais que se encontraram dentro do intervalo de confiança de 95% na regressão linear com o Al.

Apesar de na maior parte dos sistemas costeiros as concentrações naturais dos metais variarem em até duas ordens de magnitude (WINDOM *et al.*, 1989), o intervalo “background” encontrado dos elementos Mn e Zn foi bastante amplo. A grande variação “background” destes metais pode ser atribuída às dimensões da Baía de Camamu e a grande variação granulométrica e mineralógica do substrato que possibilita a ocorrência, de forma natural, dos metais em diferentes ordens de grandeza. Ainda assim, são necessárias maiores investigações acerca da ocorrência natural destes elementos nos sedimentos na Baía de Camamu.

Tabela 6. Comparação das concentrações dos metais deste estudo e de outros valores encontrados na literatura.

Local	As (µg/g)	Cd (µg/g)	Cu (µg/g)	Cr (µg/g)	Co	Fe (%)	Referência
Baía de Camamu	0,54 - 6,93	0,01 - 2,21	0,06 - 1,89	0,69 - 24,8	2,09 - 22,3	0,05 - 6,55	Presente trabalho
BC background	-	<1,22	-	0,69 - 23,3	-	0,05 - 3,63	Presente trabalho
Baía de Camamu	0,24 - 10,9	< 0,65	< 2,5	< 30,0	< 9,92	0,02 - 2,33	HATJE <i>et al.</i> , 2008
Baía de Camamu	-	< 1	6 - 54	9 - 79	-	0,4 - 13	OLIVEIRA, 2000
Rio Paraguaçu	-	< 0,21	4,25 - 15,2	8,27 - 13	3,64 - 7,25	-	BARROS <i>et al.</i> , 2008
Rio Subaé	-	0,03 - 1,13	10,4 - 21,8	4,45 - 9,45	5,17 - 15,7	-	HATJE <i>et al.</i> , 2006
BTS	0,3 - 3,9	0,01 - 4,52	1,9 - 90,5	1,0 - 28	-	0,07 - 2,8	CRA, 2004
BTS background	5 - 17	0,02- 0,04	10,8 - 22	33,7-51,1	-	-	CRA, 2004
Baía de Guanabara (BG)	-	-	2 - 18840	2 - 41364	1 - 209	-	BAPTISTA NETO <i>et al.</i> , 2006
BG background	-	-	9,00	40,5	19,0	2,1	BAPTISTA NETO <i>et al.</i> , 2000
Baía da Flórida	-	-	0,40 - 2,03	2,96 - 18,0	0,06 - 0,57	0,03- 0,35	CACCIA, 2003
Baía O'Brien	1,78	0,23	3,51	1,60	-	0,08	PALMER <i>et al.</i> ,2010

Local	Al (%)	Mg (%)	Mn (µg/g)	Ni (µg/g)	Pb (µg/g)	Si (%)	Zn (µg/g)	Referência
Baía de Camamu	0,11 - 2,86	0,05 - 1,06	7,77 - 497	0,21 - 11,6	0,36 - 31,4	0,02 - 0,55	1,05 - 118	Presente trabalho
BC background	-	0,05 - 1,05	7,77 - 497	0,21 - 11,6	-	0,02 - 0,55	1,05 - 119	Presente trabalho
Baía de Camamu	-	-	-	< 11,2	< 24,8	-	< 77,5	HATJE <i>et al.</i> , 2008
Baía de Camamu	0,5 - 2,2	-	17 - 671	-	19 - 588	-	14 - 260	OLIVEIRA, 2000
Rio Paraguaçu	-	-	151 - 1594	5,64 - 13,6	10,7 - 34,5	-	20,1 - 32,5	BARROS <i>et al.</i> , 2008
Rio Subaé	-	-	89,9 - 776	11,8 - 20,5	10,9 - 325	-	44,1 - 667	HATJE <i>et al.</i> , 2006
BTS	0,01 - 0,5	-	43 - 1482	-	4,6 - 84,1	-	8 - 237	CRA, 2004
BTS background	-	-	239 - 449	-	10,4-26,4	-	55,1-86,1	CRA, 2004

Baía de Guanabara (BG)	< 0,92	-	-	1 - 3515	2 - 19340	-	5 - 755149	BAPTISTA NETO <i>et al.</i> , 2006
BG background	-	-	-	27	24,4	-	58,4	BAPTISTA NETO <i>et al.</i> , 2000
Baía da Flórida	0,01- 0,32	0,34 - 1,60	11,6 – 62,6	0,28 – 3,16	0,39 – 5,34	-	0,06 – 3,99	CACCIA, 2003
Baía O’Brien	0,10	0,13	17,9	1,29	1,74	-	12,0	PALMER <i>et al.</i> ,2010

Ao comparar os valores “background” da BC com os de baías costeiras brasileiras (Baía de Todos os Santos – BTS; e Baía de Guanabara – BG) (Tab. 6), observou-se que os sedimentos da BC são mais ricos em Zn do que as outras duas baías. Estes valores altos eram esperados uma vez que o substrato da região tem altas concentrações deste elemento (CAMPOS, 1984). Os valores de manganês são semelhantes aos da BTS, sendo que esta região apresenta valores “background” elevados para este elemento (CRA, 2004). Quanto ao Cr e ao Ni, a BC tem teores naturais menores do que os da BTS e da BG.

Em comparação com os resultados obtidos por HATJE *et al.* (2008) para a mesma região, os resultados do presente trabalho não apresentaram grandes variações das concentrações dos metais analisados. A maior parte dos metais teve comportamento similar ao do Cr (Fig. 16b), as concentrações oscilavam entre as diferentes coletas, mas sem seguir nenhum padrão específico. Entretanto, o Co teve um ligeiro acréscimo de 2005 para 2008 em quase todas as estações amostrais (Fig. 16a), e para o As foi observado um comportamento antagônico, com as concentrações diminuindo entre 2005 e 2008. Para os outros metais em apenas alguns pontos os teores foram significativamente diferentes, como o Fe que em HATJE *et al.* (2008) extrapolou o AET próximo às Ilhas Pequena e Grande, resultado não observado no presente trabalho.

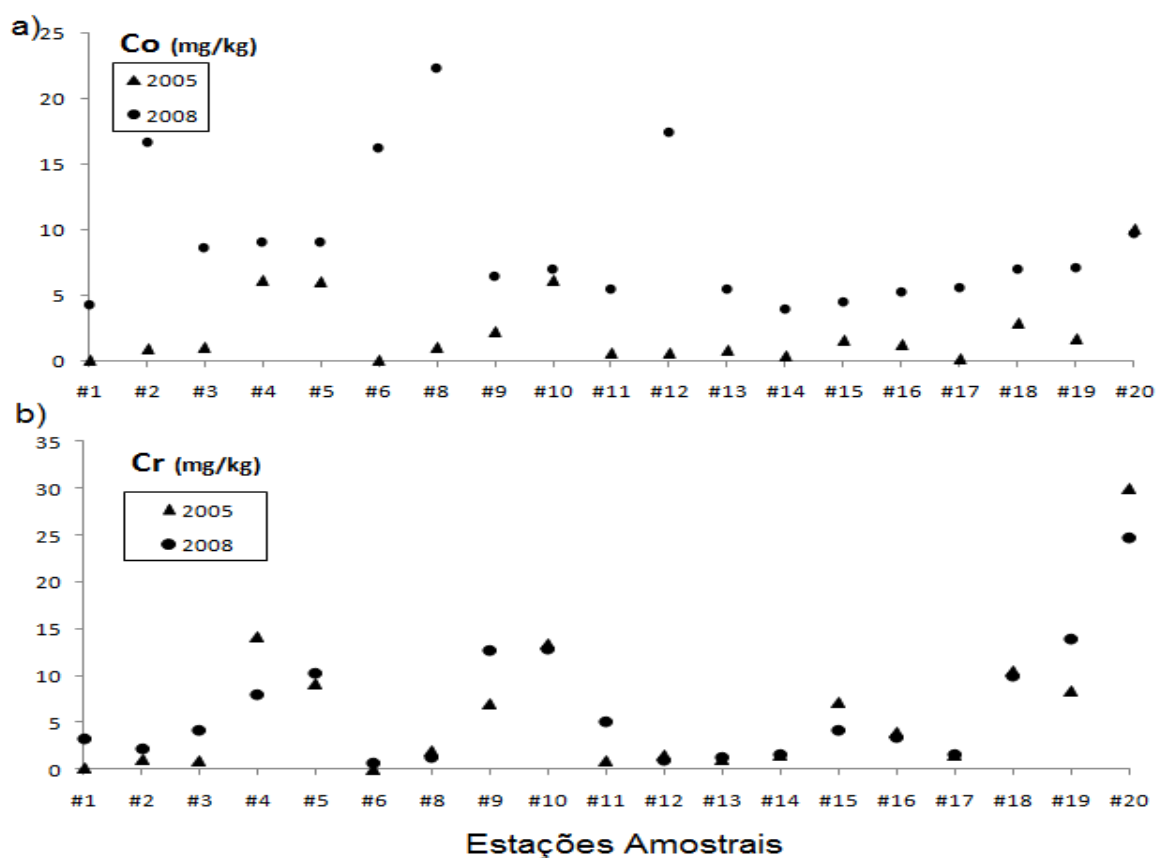


Figura 16. Comparação dos teores de Fe e Cr entre os anos de 2005 e 2008.

OLIVEIRA (2000) encontrou para a BC teores mais elevados de metais para os sedimentos da região intermareal. Esta região apresenta granulometria mais fina e com maior teor de MO, auxiliando na retenção dos metais nesta zona.

Foram selecionados na literatura três trabalhos realizados na BTS (CRA, 2004; HATJE *et al.*, 2006 e BARROS *et al.*, 2008) para comparação com os resultados apresentados neste trabalho. A Baía de Camamu apresentou teores mais baixos do que a BTS para grande parte dos elementos estudados, em especial para o Cu, Mn, Ni, Pb e Zn (Tab.7). O Cd na BTS se encontra em maiores concentrações do que a BC, principalmente se comparado com os resultados obtidos pelo CRA (2004). Estas diferenças podem ser atribuídas às variações naturais do substrato geológico de cada região e aos diversos usos urbanísticos e industriais que a BTS vêm sofrendo ao longo do tempo. Em especial, a BTS tem uma descarga significativa de efluentes industriais ricos em Cu e Mn (HATJE e ANDRADE, 2009). Além disso, durante três décadas no estuário do rio Subaé, segunda fonte mais importante de material em suspensão e água doce para a BTS (CRA, 2004), ocorreu intensa atividade de mineração de chumbo, que disponibilizou grandes quantidades de Pb e Cd para este sistema (HATJE *et al.*, 2006).

Em comparação com os valores encontrados por BAPTISTA NETO *et al.* (2006) para a Baía de Guanabara, a BC teve concentrações muito menores para todos os elementos amostrados com exceção apenas do Al, em que os valores encontrados foram levemente mais altos. Para regiões tidas como referências, como a Baía O'Brien e a Baía da Flórida, a faixa de concentrações da BC foi comparável para os metais Cu (CACCIA, 2003; PALMER *et al.*, 2010), Cr e Mg (CACCIA, 2003); para os demais metais analisados a BC apresentou teores mais elevados do que estas duas baías (Tab. 7).

4.5. PCA e BioEnv

Para integralizar os dados abióticos, i.e. metais, granulometria, pH, C, N e HPAs, foi realizado um PCA (Fig. 17). Como os teores de HPAs individuais para a maioria das estações foram abaixo do LD, optou-se por utilizar apenas a concentração de HPAs totais no tratamento estatístico.

Os dois primeiros PCs explicaram 68,4% da variabilidade total dos dados. O primeiro PC representou 44,4% da variância total, sendo que as concentrações de Pb, Zn, teor de finos e concentração de HPAs total apresentaram-se positivamente correlacionadas com este eixo. O PC1 foi o responsável por dividir as estações amostrais em dois grandes grupos: o primeiro grupo composto por estações associadas a metais de origem natural e o segundo grupo de estações associadas a compostos que, em geral, são de origem

antrópica (i.e. Pb, Zn e HPAs total). O segundo grupo de amostras é composto por aquelas estações que foram demarcadas como “antropizadas” na Figura 13 e também pelas estações com altos teores de finos e, conseqüentemente, com grande potencial de retenção de contaminantes.

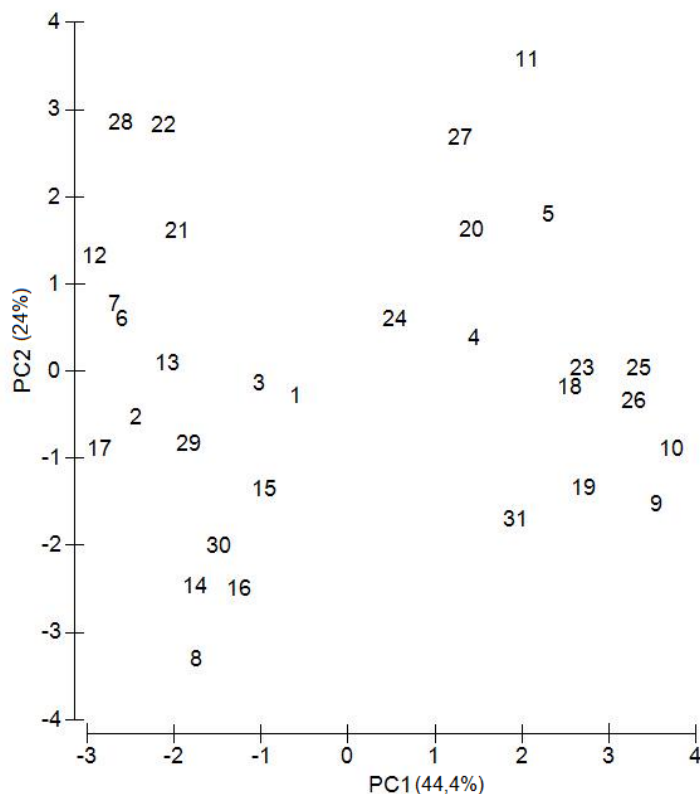


Figura 17 – Análise de Componentes Principais dos sedimentos superficiais da Baía de Camamu.

Por sua vez, o segundo PC representou 24% da variabilidade total e teve correlação positiva com metais que, de um modo geral, estão associados a fontes terrígenas (i.e. Al, Fe, Mn, Cr e Ni). O PC2 teve também uma relação positiva com o As. As maiores concentrações deste elemento foram encontradas na desembocadura do rio Serinhaém, que tem ampla comunicação e troca de água com o oceano Atlântico. Esta área encontra-se demarcada na Figura 13, mas de acordo com o PCA estas estações não estão correlacionadas aos compostos antrópicos. Este resultado corrobora com a hipótese, citada anteriormente, do As desta região ser de origem marinha e natural.

No intuito de compreender o controle das variáveis abióticas estudadas sobre a assembléia bentônica foi utilizada a rotina BioEnv do Primer 6. As variáveis que melhor se correlacionaram com a distribuição da assembléia bentônica foram o Si e o N. A correlação de Spearman foi significativa, porém baixa para estas variáveis ($p = 0,005$, $r = 0,33$). Os resultados do Si e do N nos sedimentos da BC mostraram que a distribuição destes dois elementos é natural, sem indícios de alteração antrópica. Então, de acordo com o resultado

do BioEnv é provável que a distribuição do bentos da BC seja controlada por fatores naturais da região.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Neste estudo, os padrões de distribuição dos elementos maiores e menores da Baía de Camamu foram estudados com o intuito de avaliar o potencial da região como uma área de referência para estudos de qualidade ambiental. De acordo com os resultados obtidos, a BC encontra-se em bom estado de preservação, e a maior parte de sua área pode ser considerada uma área de referência para os metais estudados.

Os sedimentos da BC não apresentaram indícios de aporte significativo de efluentes domésticos, assim como, quando comparados aos valores de referência da literatura, não apresentaram riscos à biota em termos dos elementos estudados. Além disso, os resultados indicaram que a distribuição da biota na BC é controlada por fatores naturais, não sofrendo influência antrópica.

Grande parte dos metais estudados teve sua origem associada aos alumino-silicatos, e se correlacionava fortemente à fração fina dos sedimentos, rica em MO. Não foram identificadas variações temporais dos teores de metais no sedimento da BC. Entretanto, existe na Baía de Camamu uma grande variação espacial na distribuição destes elementos. Em comparação com outras áreas costeiras impactadas, a Baía de Camamu tem teores de metais reduzidos, e com relação a regiões tidas como referência, a BC apresenta teores comparáveis para alguns metais.

Foram detectadas algumas áreas na BC que, provavelmente, não se encontram em seu estado pristino. As cidades de Ituberá, Maraú e a exploração da barita são as prováveis causas das alterações encontradas para determinados pontos da região. Levando-se em consideração a extensão e o histórico de exploração da área, a BC pode, então, ser considerada um ambiente costeiro que ainda mantém suas características naturais.

A regressão linear mostrou-se uma boa ferramenta para identificar áreas com enriquecimento e estipular o intervalo “background” dos metais. Entretanto, a normalização não é capaz de distinguir se o enriquecimento é de origem antrópica ou natural, como o provável caso de enriquecimento marinho de As na região da desembocadura do rio Serinhaém. Os intervalos “background” estipulados necessitam de validação, para isso já foram coletados novos testemunhos ao longo da BC para obtenção de um novo lote de dados.

Apesar da mineração da barita ser um importante vetor de disponibilização de metais para a região, não foi possível avaliar o estado de preservação da região para o elemento bário. As recuperações dos materiais de referência certificado, para este elemento, não foram satisfatórias, e a fim de assegurar a qualidade e confiabilidade dos dados gerados optou-se pela exclusão dos dados de Ba neste trabalho. Assim, recomenda-

se, posteriormente, um estudo sobre o estado de contaminação deste elemento em específico.

Para estudos posteriores recomenda-se também a identificação das prováveis fontes dos elementos que apresentaram enriquecimento neste trabalho a fim de reduzir as emissões para o ambiente, preservando assim a boa qualidade ambiental da região e possibilitando a continuidade do *status* da Baía de Camamu como área de referência no futuro.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABRAHIM, G.M.S. e PARKER, R.J., 2008. Assessment of heavy metal enrichment factors and the degree of contamination in marine sediments from Tamaki Estuary, Auckland, New Zealand. **Environment Monitoring Assessment**. Ed.136, pp.227-238.

ALONGI, D.M., 1998. **Coastal Ecosystem Processes**. CRC Press, Nova Iorque.

ALOUPI, M. e ANGELIDIS, M.O., 2001. Geochemistry of natural and anthropogenic metals in the coastal sediments of the islands of Lesbos, Aegean Sea. **Environmental Pollution**. Vol. 113, pp.211-219.

AMORIM, F.N., 2005. **Caracterização oceanográfica da Baía de Camamu e adjacências e mapeamento das áreas de risco à derrames de óleo**. Dissertação (Mestrado em Geologia). Universidade Federal da Bahia, Salvador.

BAPTISTA NETO, J.A.; WALLNER-KERSANACH, M.; PATCHINEELAM, S.M., 2008. **Poluição Marinha**. Interciência. Rio de Janeiro.

BAPTISTA NETO *et al.*, 2000. Heavy Metal concentrations in surface sediments in a nearshore environment, Jurujuba Sound, Se Brazil. **Environmental Pollution**. Vol. 109, n 1, pp. 1-9.

_____, 2006. Spatial distribution of heavy metals in surficial sediments from Guanabara Bay: Rio de Janeiro, Brazil. **Environmental Geology**. Vol. 49, pp.1051-1063.

BARROS *et al.*, 2008. The structure of the benthic macrofaunal assemblages and sediments characteristics of the Paraguaçu estuarine system, NE, Brazil. **Estuarine, Coastal and Shelf Science**. Vol. 78, pp. 753-762.

BIANCHI, T.S., 2007. **Biogeochemistry of estuaries**. Oxford University Press. Texas.

BUCHMAN , M.F., 2008. NOAA Screening Quick Reference Tables, NOAA OR&R Report 08-1, Seattle, National Oceanic and Atmospheric Administration. pp.1-34.

CACCIA, V.G., MILLERO, F.J., PALANQUES, A., 2003. The distribution of trace metals in Florida Bay sediments. **Marine Pollution Bulletin** 46, 1420–1433.

CAMPOS, E.G., 1984. **Gênese e Controle do Depósito de Barita de Camamu-BA. Brasília.** Dissertação (Mestrado em Geociências) – Universidade de Brasília. pp. 131.

CRA, 2004. 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. **Centro de Recursos Ambientais.** Salvador. Vol.I-V

DOWNES *et al.*, 2002. **Monitoring Ecological Impacts: Concepts and practice in flowing waters.** Cambridge. Cap. 5, pp,122.

ESCOBAR-BRIONES, E. e GARCIA-VILLALOBOS, F.J., 2009. Distribution of total organic carbon and total nitrogen in deep-sea sediments from the southwestern Gulf of Mexico. **Buletín de la Sociedad Geológica Mexicana.** Vol. 61, n.1, pp. 73-86.

FORSTNER, U. e WITTMANN, G.T.W., 1979. **Metal Pollution in the Aquatic Environment.** Springer-Verlag, Alemanha, pp. 485.

GLASBY, T.M. e UNDERWOOD, A.J., 1998. Determining positions for control locations in environmental studies of estuarine marinas. **Marine Ecology Progress Series.** Vol. 171, pp.1-14. Austrália.

GRANT, A. e MIDDLETON, R., 1990. An assessment of metal contamination of sediments in the Humber Estuary, UK. **Estuarine, Coastal and Shelf Science.** Vol.31, pp.71-85.

HARBISON, P., 1986. Mangrove mud a sink and source for trace metals. **Marine Pollution Bulletin.** Vol.17, pp.246-250.

HATJE, V. e ANDRADE, J. B., 2009. **Baía de Todos os Santos:** aspectos oceanográficos. Salvador: EDUFBA, pp.306.

HATJE *et al.*, 2006. Trace metal contamination and benthic assemblages in Subaé estuarine system, Brazil. **Marine Pollution Bulletin.** Vol. 52, pp.969-987.

_____, 2008. Trace metals and benthic macrofauna distributions in Camamu Bay, Brazil: Sediment Quality prior oil and gas exploration. **Marine Pollution Bulletin.** Vol.56.

_____, 2009. Speeding up HCl Extractions by Employing Ultrasound Energy to Evaluate Trace Elements Bioavailability in Sediments. **Journal Braz. Chem. Soc.** Vol. 20, nº 5, pp.846-852..

_____, 2010. Inorganic As speciation and bioavailability in estuarine sediments of Todos os Santos Bay, BA, Brazil. **Marine Pollution Bulletin.**

HOLTVOETH, J.; WAGNER, T. e SCHUBERT, C.J., 2003. Organic matter in river influenced continental margin sediments: The land-ocean and climate linkage at the Late Quaternary Congo fan (ODP site 1075). **Geochemistry Geophysics Geosystems.** Vol.4, n.12, pp.1-27

IUPAC, 1997. A estatistical overview of standard (IUPAC and ACS) and new procedures for determining the limits of detection and quantification: application to voltammetric and stripping techniques. **Pure and Appl.** Vol. 69, n.2, pp.297-328.

LOPES, R.M., 2009. Informe sobre as espécies exóticas invasoras marinhas no Brasil. **Ministério do Meio Ambiente.** Série Biodiversidade 33. Brasília.

LUOMA, S. N. e RAINBOW, P. S., 2008. **Metal contamination in aquatics environment – science and management.** Cambridge: United Kingdom.

LIU *et al.*, 2010. Assessment of heavy metal contamination in the sediments of Nansihu Lake Catchment, China. **Environmental Monitoring Assessment.** Vol.162, pp.217-227.

MORSE, J.W. e CORNWELL, J.C., 1987. Analysis and distribution of iron sulfide minerals in recent anoxic marine sediments. **Marine Chemistry.** Vol. 22, pp. 55-69.

NOWICKI, B.L. e OVIATT, C.A., 1990. Are estuaries traps for anthropogenic nutrients? Evidence from estuarine mesocosms. **Marine Ecology Progress Series.** Vol.6, pp.131-146.

OLIVEIRA, O.M.C., 2000. **Diagnóstico Geoambiental em zonas de manguezal da Baía de Camamu – Ba.** Tese (Doutorado em Geociências). Universidade Federal Fluminense, Rio de Janeiro.

ONOFRE *et al.*, 2008. Sulfetos voláteis acidificados (SVA) e metais extraídos simultâneos (MES) em sedimentos de manguezais da Baía de Todos os Santos. In: QUEIROZ e CELINO (Org). **Avaliação de ambientes na Baía de Todos os Santos: aspectos geoquímicos, geofísicos e biológicos**. Cap.7, pp.134–148.

PAIXÃO *et al.*, 2010. Relationship of metal content and bioavailability with benthic macrofauna in Camamu Bay (Bahia, Brazil). **Marine Pollution Bulletin**. Vol. 60, pp.474-481.

PALMER *et al.*, 2010. Sediment profile characterization at contaminated and reference locations in the Windmill Islands, East Antarctica. **Marine Pollution Bulletin**. Vol. 60, pp. 1541-1559. Austrália.

PERILLO, G.M.E., 1996. **Geomorphology and Sedimentology of Estuaries**. Elsevier. Nova Zelândia.

PIERCE, M.L. e MOORE, C.B., 1982. Adsorption of arsenite and arsenate on amorphous iron hydroxide. **Water Research**. Vol.16, pp. 1247-1253.

SAKAN, S.M.; DORDEVIC, D.S. e MANOJLOVIC, D.D., 2010. Trace elements as tracers of environmental pollution in the canal sediments (alluvial formation of the Danube River, Serbia). **Environmental Monitoring Assessment** . Vol. 167, pp.219–233.

SHARMA *et al.*, 1999. Metal in sediments of Texas estuaries, USA. **Journal of Environmental Science and Health**. Vol.34, n10, pp.2061-2073.

SOKAL, R.R. e ROHLF, F.J., 1998. **Biometry**. 3ed. W.H. Freeman and Company, Nova Iorque.

SOTO-JIMENEZ, M.F. e PÁEZ-OSUNA, F., 2001. Distribution and Normalization of Heavy Metal Concentrations in Mangrove and Lagoonal Sediments from Mazatlán Harbor (SE Gulf of California). **Estuarine, Coastal and Shelf Science**. Vol 53, pp.259-274.

STEIN, R., 1991. Accumulation of organic carbon in marine sediments. Results from the deep sea drilling project/ocean drilling program. **Lecture Notes in Earth Sciences**. Vol.34, pp. 217.

TILMAN et al., 2001. Forecast agriculturally driven global environmental change. **Science**. v. 292, pp. 281-284.

VASILE, G.D. e VLADESCU, L., 2010. Cadmium partition in river sediments from an area affected by mining activities. **Environmental Monitoring Assessment** . Vol. 167, pp.349–357.

VEINOTT *et al.*, 2001. Baseline Metal Concentrations in Coastal Labrador Sediments. **Marine Pollution Bulletin**. Vol.32, n.3, pp.187-192.

WAKEHAM, S., 2002, Diagenesis of organic matter at the water-sediment interface, in Gianguzza, A., Pelizzetti, E., Sammartano, S. (eds.), **Chemistry of marine water and sediments**. Springer pp.147-164.

WASSERMAN, J.C. e CRAPEZ, M.A., 2002. Efeitos da poluição por óleo em sedimentos da Área de Proteção Ambiental de Guapimirim, Rio de Janeiro. Brasília, **IBAMA**. Relatório Final de Projeto, p.35.

WINDOM *et al.*, 1989. Natural Trace Metal Concentrations in Estuarine and Coastal Marine Sediments of the Southeastern United States. **Environmental Science Technology**. Vol.23, pp. 314-320.

ZHAN *et al.*, 2010. Spatial and Temporal Variations of Heavy Metals in Surface Sediments in Bohai Bay, North China. **Bulletin Environmental Contam. Toxicology**. Vol. 84, pp.482-487.

7. ANEXOS

Anexo I

Concentrações dos metais no sedimento superficial. Valores em mg.kg^{-1} ; exceto Al, Fe, Mg e Si que estão em %. (ad=abaixo do limite de detecção). Continua.

	As	Ca	Cd	Co	Cr
#1	4,22 ± 0,24	0,47 ± 0,02	0,14 ± 0,01	4,21 ± 0,07	3,25 ± 0,07
#2	4,02 ± 0,07	3,28 ± 0,03	0,16 ± 0,02	16,61 ± 0,29	2,22 ± 0,06
#3	5,35 ± 0,36	0,40 ± 0,03	0,41 ± 0,02	8,53 ± 0,57	4,29 ± 0,17
#4	2,89 ± 0,24	0,09 ± 0,005	0,89 ± 0,01	9,03 ± 0,16	8,04 ± 0,10
#5	2,56 ± 0,21	0,015 ± 0,005	0,91 ± 0,08	9,02 ± 0,31	10,33 ± 0,61
#6	ad	0,003 ± 0,001	0,02 ± 0,0007	16,22 ± 0,44	0,74 ± 0,03
#7	ad	0,006 ± 0,001	ad	8,89 ± 0,44	0,69 ± 0,02
#8	ad	0,07 ± 0,003	0,04 ± 0,002	22,30 ± 0,37	1,28 ± 0,06
#9	6,93 ± 0,22	0,83 ± 0,007	0,63 ± 0,02	6,41 ± 0,06	12,80 ± 0,39
#10	5,36 ± 0,59	0,85 ± 0,01	0,56 ± 0,01	6,92 ± 0,13	12,85 ± 0,34
#11	0,82 ± 0,4	2,78 ± 0,01	0,10 ± 0,0001	5,36 ± 0,06	5,18 ± 0,03
#12	ad	0,30 ± 0,03	0,02 ± 0,0004	17,33 ± 1,24	1,01 ± 0,06
#13	ad	0,09 ± 0,01	0,05 ± 0,01	5,38 ± 0,32	1,26 ± 0,02
#14	ad	0,02 ± 0,003	0,07 ± 0,004	3,87 ± 0,06	1,58 ± 0,06
#15	1,99 ± 0,07	5,07 ± 0,2	0,23 ± 0,02	4,42 ± 0,22	4,15 ± 0,22
#16	ad	0,06 ± 0,001	0,25 ± 0,01	5,15 ± 0,07	3,42 ± 0,14
#17	0,54 ± 0,42	1,20 ± 0,002	0,01 ± 0,001	5,53 ± 0,12	1,65 ± 0,12
#18	4,29 ± 0,31	1,16 ± 0,02	0,33 ± 0,01	6,93 ± 0,04	9,94 ± 0,19
#19	1,83 ± 0,25	0,31 ± 0,03	0,75 ± 0,02	7,01 ± 0,13	13,88 ± 0,27
#20	4,07 ± 0,3	1,87 ± 0,01	1,22 ± 0,11	9,67 ± 0,21	24,81 ± 1,58
#21	1,49 ± 0,13	0,59 ± 0,04	0,08 ± 0,001	4,47 ± 0,18	2,65 ± 0,03
#22	1,06 ± 0,09	0,31 ± 0,03	0,45 ± 0,03	7,21 ± 0,11	5,74 ± 0,21
#23	1,43 ± 0,16	0,20 ± 0,002	0,23 ± 0,02	4,61 ± 0,04	4,07 ± 0,16
#24	ad	1,59 ± 0,05	0,12 ± 0,01	3,33 ± 0,33	2,86 ± 0,30
#25	3,3 ± 0,28	0,23 ± 0,004	0,99 ± 0,04	7,79 ± 0,10	13,79 ± 0,71
#26	2,85 ± 0,28	0,24 ± 0,006	2,21 ± 0,11	13,70 ± 0,29	23,35 ± 1,00
#27	2,15 ± 0,11	14,44 ± 0,11	0,11 ± 0,01	2,09 ± 0,05	5,33 ± 0,07
#28	1,07 ± 0,17	0,12 ± 0,009	0,06 ± 0,0005	10,86 ± 0,27	2,26 ± 0,12
#29	ad	0,05 ± 0,001	0,005 ± 0,01	5,79 ± 0,13	1,55 ± 0,17
#30	ad	0,06 ± 0,006	0,02 ± 0,002	6,90 ± 0,18	0,83 ± 0,03
#31	ad	0,78 ± 0,03	0,07 ± 0,01	3,19 ± 0,11	1,90 ± 0,03
Mín.	0,54	0,003	0,01	2,09	0,69
Máx.	6,93	14,44	2,21	22,30	24,81

Continuação Anexo I - Concentrações dos metais no sedimento superficial. Valores em mg.kg^{-1} ; exceto Al, Fe, Mg e Si que estão em %. (ad=abaixo do limite de detecção). Continua.

	Cu	Fe	Al	Mg	Mn
#1	0,33 ± 0,04	0,35 ± 0,01	0,33 ± 0,01	0,18 ± 0,01	66,27 ± 1,31
#2	0,24 ± 0,02	0,50 ± 0,02	0,31 ± 0,01	0,17 ± 0,004	82,34 ± 1,19
#3	Ad	1,24 ± 0,07	0,62 ± 0,02	0,26 ± 0,02	228,94 ± 14,15
#4	Ad	2,59 ± 0,05	1,20 ± 0,01	0,37 ± 0,001	126,19 ± 1,75
#5	0,67 ± 0,03	2,53 ± 0,13	1,47 ± 0,07	0,45 ± 0,02	123,15 ± 4,95
#6	0,21 ± 0,01	0,07 ± 0,002	0,15 ± 0,01	0,05 ± 0,003	7,77 ± 0,20
#7	0,19 ± 0,02	0,07 ± 0,002	0,13 ± 0,004	0,05 ± 0,002	10,48 ± 0,51
#8	0,17 ± 0,008	0,15 ± 0,01	0,19 ± 0,01	0,08 ± 0,005	19,09 ± 0,54
#9	1,89 ± 0,02	1,84 ± 0,02	1,28 ± 0,02	0,65 ± 0,01	271,04 ± 0,97
#10	1,70 ± 0,01	1,66 ± 0,05	1,25 ± 0,05	0,65 ± 0,01	239,39 ± 2,07
#11	1,27 ± 0,03	0,31 ± 0,002	0,48 ± 0,01	0,39 ± 0,003	208,83 ± 1,03
#12	0,07 ± 0,02	0,13 ± 0,01	0,17 ± 0,02	0,06 ± 0,01	24,61 ± 0,89
#13	0,19 ± 0,01	0,16 ± 0,001	0,19 ± 0,01	0,07 ± 0,0005	36,11 ± 0,49
#14	0,09 ± 0,01	0,22 ± 0,01	0,25 ± 0,01	0,09 ± 0,002	9,32 ± 0,58
#15	0,22 ± 0,01	0,73 ± 0,04	0,54 ± 0,03	0,24 ± 0,01	63,58 ± 4,06
#16	0,11 ± 0,003	0,75 ± 0,04	0,49 ± 0,02	0,16 ± 0,01	39,80 ± 1,37
#17	0,07 ± 0,01	0,05 ± 0,0003	0,11 ± 0,002	0,15 ± 0,002	13,74 ± 0,14
#18	1,37 ± 0,05	1,04 ± 0,03	0,96 ± 0,03	0,49 ± 0,01	123,31 ± 0,91
#19	0,86 ± 0,04	2,32 ± 0,04	1,51 ± 0,03	0,61 ± 0,01	190,27 ± 1,77
#20	0,94 ± 0,03	3,63 ± 0,23	2,22 ± 0,11	1,06 ± 0,03	412,48 ± 12,54
#21	0,56 ± 0,03	0,28 ± 0,003	0,35 ± 0,01	0,15 ± 0,004	38,34 ± 1,63
#22	0,06 ± 0,01	1,43 ± 0,08	0,88 ± 0,04	0,31 ± 0,01	102,31 ± 3,96
#23	1,23 ± 0,12	0,70 ± 0,01	0,60 ± 0,01	0,31 ± 0,002	15,52 ± 0,11
#24	0,41 ± 0,03	0,41 ± 0,02	0,38 ± 0,04	0,14 ± 0,02	29,89 ± 3,12
#25	0,69 ± 0,03	2,97 ± 0,13	1,74 ± 0,04	0,71 ± 0,01	254,16 ± 3,02
#26	0,25 ± 0,05	6,55 ± 0,55	2,86 ± 0,19	1,05 ± 0,06	496,91 ± 13,50
#27	1,48 ± 0,04	0,39 ± 0,002	0,66 ± 0,001	0,29 ± 0,001	35,34 ± 0,28
#28	0,23 ± 0,01	0,20 ± 0,01	0,34 ± 0,01	0,16 ± 0,002	13,14 ± 0,12
#29	0,66 ± 0,07	0,17 ± 0,01	0,34 ± 0,02	0,11 ± 0,003	8,95 ± 0,79
#30	0,30 ± 0,03	0,10 ± 0,003	0,25 ± 0,01	0,08 ± 0,003	15,84 ± 0,17
#31	1,64 ± 0,06	0,25 ± 0,008	0,42 ± 0,02	0,08 ± 0,002	13,81 ± 0,29
Mín.	0,06	0,05	0,11	0,05	7,77
Máx.	1,89	6,55	2,86	1,06	496,91

Continuação Anexo I - Concentrações dos metais no sedimento superficial. Valores em mg.kg⁻¹; exceto Al, Fe, Mg e Si que estão em %. (ad=abaixo do limite de detecção).

	Ni	Pb	Se	Si	Zn
#1	1,00 ± 0,02	1,96 ± 0,04	4,85 ± 0,17	0,12 ± 0,01	6,95 ± 0,57
#2	1,00 ± 0,04	0,54 ± 0,05	2,50 ± 0,29	0,12 ± 0,005	8,39 ± 0,28
#3	2,13 ± 0,10	1,88 ± 0,09	ad	0,15 ± 0,01	23,82 ± 1,12
#4	4,16 ± 0,11	3,46 ± 0,28	ad	0,26 ± 0,005	77,25 ± 2,00
#5	5,70 ± 0,20	4,22 ± 0,09	ad	0,33 ± 0,04	101,83 ± 3,41
#6	0,34 ± 0,01	Ad	0,78 ± 0,05	0,04 ± 0,001	1,54 ± 0,12
#7	0,34 ± 0,02	Ad	0,49 ± 0,41	0,04 ± 0,001	2,53 ± 0,06
#8	0,61 ± 0,06	0,47 ± 0,13	0,48 ± 0,25	0,05 ± 0,005	4,54 ± 0,20
#9	4,92 ± 0,09	12,60 ± 0,09	ad	0,35 ± 0,03	32,74 ± 0,28
#10	4,89 ± 0,10	14,41 ± 0,30	ad	0,31 ± 0,02	30,04 ± 0,20
#11	1,35 ± 0,05	31,36 ± 0,10	0,67 ± 0,002	0,14 ± 0,005	12,78 ± 0,17
#12	0,40 ± 0,001	Ad	ad	0,05 ± 0,005	2,82 ± 0,19
#13	0,44 ± 0,004	0,50 ± 0,04	ad	0,05 ± 0,002	2,77 ± 0,06
#14	0,49 ± 0,02	0,36 ± 0,03	ad	0,07 ± 0,001	4,39 ± 0,20
#15	1,35 ± 0,04	2,11 ± 0,22	ad	0,13 ± 0,005	12,36 ± 0,87
#16	1,30 ± 0,06	1,29 ± 0,12	ad	0,13 ± 0,01	13,46 ± 0,59
#17	0,21 ± 0,02	Ad	ad	0,03 ± 0,001	1,05 ± 0,02
#18	3,21 ± 0,08	10,12 ± 0,09	ad	0,25 ± 0,02	22,49 ± 0,22
#19	5,19 ± 0,10	7,84 ± 0,32	ad	0,25 ± 0,01	55,68 ± 0,61
#20	8,17 ± 0,41	18,38 ± 0,48	ad	0,38 ± 0,04	57,23 ± 2,79
#21	0,93 ± 0,01	2,20 ± 0,02	ad	0,10 ± 0,002	5,76 ± 0,10
#22	2,40 ± 0,01	2,39 ± 0,19	ad	0,18 ± 0,002	31,66 ± 1,19
#23	1,78 ± 0,06	3,84 ± 0,08	ad	0,10 ± 0,01	13,49 ± 0,04
#24	0,87 ± 0,04	1,16 ± 0,07	ad	0,10 ± 0,003	7,35 ± 0,36
#25	6,73 ± 0,12	9,48 ± 0,03	ad	0,33 ± 0,04	68,67 ± 0,37
#26	11,57 ± 0,39	9,48 ± 0,21	ad	0,55 ± 0,05	118,48 ± 3,28
#27	1,07 ± 0,11	5,32 ± 0,13	1,14 ± 0,29	0,18 ± 0,004	10,82 ± 0,21
#28	1,18 ± 0,04	1,69 ± 0,18	ad	0,07 ± 0,003	7,24 ± 0,15
#29	0,71 ± 0,08	1,50 ± 0,09	ad	0,07 ± 0,02	4,53 ± 0,31
#30	0,45 ± 0,02	0,79 ± 0,05	ad	0,02 ± 0,002	2,56 ± 0,12
#31	0,72 ± 0,04	3,57 ± 0,16	ad	0,07 ± 0,004	8,61 ± 0,64
Mín.	0,21	0,36	0,48	0,02	1,05
Máx.	11,57	31,36	2,50	0,55	118,48

Anexo II

Concentrações dos metais no testemunho. Valores em mg.kg⁻¹; exceto Al, Fe, Mg e Si que estão em %.

Prof. (cm)	Ca	Cd	Co	Cr	Cu	Fe
0 - 3	1694,01 ± 38,11	0,31 ± 0,01	3,19 ± 0,07	3,74 ± 0,05	1,02 ± 0,05	0,72 ± 0,005
3 - 6	1968,89 ± 43,25	0,26 ± 0,01	4,34 ± 0,08	4,20 ± 0,12	1,36 ± 0,11	0,70 ± 0,01
6 - 9	2108,40 ± 61,92	0,38 ± 0,03	26,98 ± 0,12	5,29 ± 0,03	2,63 ± 0,11	0,95 ± 0,02
9 - 12	1517,02 ± 86,22	0,21 ± 0,01	4,70 ± 0,11	3,75 ± 0,05	1,31 ± 0,08	0,59 ± 0,01
12 - 15	1576,63 ± 19,65	0,25 ± 0,01	4,92 ± 0,06	4,32 ± 0,01	1,55 ± 0,05	0,67 ± 0,01
15 - 18	1927,52 ± 27,20	0,28 ± 0,01	4,74 ± 0,06	4,64 ± 0,19	1,64 ± 0,06	0,71 ± 0,02
18 - 21	1812,19 ± 100,08	0,31 ± 0,01	4,45 ± 0,13	4,72 ± 0,07	2,08 ± 0,15	0,79 ± 0,03
21 - 24	1903,83 ± 73,34	0,031 ± 0,01	5,37 ± 0,05	4,84 ± 0,05	2,35 ± 0,04	0,78 ± 0,03
24 - 27	1724,92 ± 9,51	0,26 ± 0,01	4,53 ± 0,08	4,27 ± 0,05	2,12 ± 0,10	0,71 ± 0,01
27 - 30	1652,94 ± 12,31	0,28 ± 0,01	6,45 ± 0,16	4,57 ± 0,22	2,37 ± 0,02	0,75 ± 0,03
30 - 33	2342,82 ± 62,56	0,28 ± 0,004	4,38 ± 0,05	4,52 ± 0,15	2,39 ± 0,20	0,75 ± 0,02
33 - 36	1526,09 ± 20,34	0,21 ± 0,003	4,37 ± 0,18	3,81 ± 0,11	1,81 ± 0,15	0,54 ± 0,04
36 - 39	1601,02 ± 26,91	0,25 ± 0,01	5,26 ± 0,02	4,12 ± 0,08	2,08 ± 0,10	0,67 ± 0,01
39 - 42	1378,08 ± 5,99	0,22 ± 0,01	5,59 ± 0,1,	4,19 0,07	2,10 ± 0,07	0,60 ± 0,002
42 - 45	2556,34 ± 65,80	0,27 ± 0,01	7,75 ± 0,07	4,42 ± 0,09	2,45 ± 0,08	0,75 ± 0,02
45 - 48	1524,56 ± 46,48	0,22 ± 0,01	4,39 ± 0,06	3,69 ± 0,10	1,97 ± 0,10	0,61 ± 0,01
48 - 51	1020,13 ± 5,22	0,19 ± 0,01	15,34 ± 0,25	3,44 ± 0,07	1,82 ± 0,07	0,54 ± 0,02
51 - 54	1303,75 ± 7,95	0,23 ± 0,02	5,96 ± 0,12	3,85 ± 0,17	2,06 ± 0,09	0,63 ± 0,02
54 - 57	1579,49 ± 9,95	0,24 ± 0,01	4,49 ± 0,07	4,23 ± 0,13	2,26 ± 0,12	0,66 ± 0,02
57 - 60	1522,80 ± 41,81	0,20 ± 0,01	4,09 ± 0,04	3,83 ± 0,08	2,21 ± 0,11	0,55 ± 0,02
60 - 63	1331,97 ± 2,83	0,21 ± 0,005	3,72 ± 0,12	4,00 ± 0,08	2,22 ± 0,06	0,57 ± 0,004
Mín.	1020,13	0,19	3,19	3,44	1,02	0,54
Máx	2556,34	0,38	26,98	5,29	2,63	0,95

Continuação do Anexo II - Concentrações dos metais no testemunho. Valores em mg.kg⁻¹; exceto Al, Fe, Mg e Si que estão em %.

Prof. (cm)	Al	Mg	Mn	Ni	Pb	Si	Zn
0 - 3	0,29 ± 0,003	0,29 ± 0,002	24,69 ± 0,29	1,55 ± 0,01	4,04 ± 0,14	0,09 ± 0,003	13,64 ± 0,08
3 - 6	0,34 ± 0,01	0,33 ± 0,001	15,47 ± 0,1	1,76 ± 0,03	4,57 ± 0,12	0,11 ± 0,01	14,37 ± 0,28
6 - 9	0,36 ± 0,01	0,39 ± 0,01	20,60 ± 0,42	2,69 ± 0,24	5,66 ± 0,18	0,10 ± 0,01	16,23 ± 0,29
9 - 12	0,34 ± 0,005	0,28 ± 0,01	17,04 ± 0,12	1,96 ± 0,06	4,23 ± 0,16	0,08 ± 0,003	14,44 ± 0,20
12 - 15	0,38 ± 0,01	0,32 ± 0,003	19,88 ± 0,1	2,42 ± 0,07	4,96 ± 0,13	0,09 ± 0,005	16,25 ± 0,17
15 - 18	0,42 ± 0,02	0,35 ± 0,003	21,61 ± 0,30	2,64 ± 0,07	5,30 ± 0,19	0,10 ± 0,003	18,00 ± 0,38
18 - 21	0,41 ± 0,02	0,34 ± 0,02	21,46 ± 0,14	2,86 ± 0,15	5,32 ± 0,09	0,11 ± 0,003	17,44 ± 0,40
21 - 24	0,43 ± 0,02	0,36 ± 0,01	25,53 ± 0,25	3,46 ± 0,02	5,89 ± 0,07	0,12 ± 0,01	18,92 ± 0,13
24 - 27	0,39 ± 0,004	0,33 ± 0,001	31,38 ± 0,20	3,07 ± 0,10	5,26 ± 0,13	0,11 ± 0,005	16,81 ± 0,20
27 - 30	0,42 ± 0,02	0,33 ± 0,004	43,09 ± 0,84	3,32 ± 0,10	5,42 ± 0,21	0,14 ± 0,002	18,33 ± 0,35
30 - 33	0,46 ± 0,01	0,41 ± 0,01	51,98 ± 0,69	4,07 ± 0,04	5,79 ± 0,06	0,11 ± 0,001	19,57 ± 0,25
33 - 36	0,39 ± 0,02	0,30 ± 0,02	39,55 ± 0,45	3,09 ± 0,07	4,33 ± 0,07	0,12 ± 0,002	17,48 ± 0,25
36 - 39	0,42 ± 0,01	0,33 ± 0,004	46,48 ± 0,58	3,38 ± 0,02	5,01 ± 0,14	0,12 ± 0,01	17,45 ± 0,17
39 - 42	0,42 ± 0,01	0,31 ± 0,003	45,48 ± 0,92	3,18 ± 0,06	4,85 ± 0,21	0,13 ± 0,01	16,59 ± 0,39
42 - 45	0,46 ± 0,01	0,49 ± 0,01	53,35 ± 0,33	4,06 ± 0,05	5,78 ± 0,39	0,11 ± 0,01	18,75 ± 0,26
45 - 48	0,38 ± 0,004	0,32 ± 0,002	38,58 ± 0,59	3,02 ± 0,03	4,45 ± 0,19	0,11 ± 0,01	15,70 ± 0,08
48 - 51	0,32 ± 0,01	0,24 ± 0,004	34,13 ± 0,81	2,51 ± 0,05	3,61 ± 0,15	0,08 ± 0,003	13,87 ± 0,27
51 - 54	0,38 ± 0,01	0,28 ± 0,001	40,84 ± 0,26	3,04 0,09	4,52 ± 0,13	0,10 ± 0,005	14,29 ± 0,17
54 - 57	0,40 ± 0,01	0,31 ± 0,004	42,16 ± 0,21	3,28 ± 0,07	5,18 ± 0,18	0,11 ± 0,01	13,90 ± 0,17
57 - 60	0,37 ± 0,01	0,30 ± 0,0003	38,82 ± 0,39	3,21 ± 0,02	5,00 ± 0,07	0,09 ± 0,002	13,14 ± 0,10
60 - 63	0,37 ± 0,004	0,28 ± 0,003	37,17 ± 0,19	3,24 ± 0,06	5,17 ± 0,15	0,11 ± 0,005	13,02 ± 0,24
Mín.	0,29	0,24	15,47	1,55	3,61	0,08	13,02
Máx	0,46	0,49	53,35	4,07	5,89	0,14	19,57