

Juntos, os dois primeiros fatores (CP1 e CP2) explicam 76% da variância total na primeira campanha e 80% na segunda campanha. Acrescentando-se, na 1ª campanha, os fatores 3 e 4 explicam 18% da variância, mas isoladamente nenhum dos dois fatores adicionais chega a explicar 10% da variância. A primeira CP correlaciona-se negativamente com a maioria das variáveis (Tabela 4), exceto a areia. A fração areia correlaciona-se positivamente, influenciando no comportamento geoquímico das estações do mesolitoral (5-MA, 6-CA e 7-SU) por ter predomínio das frações finas de areia, exceto a estação 8-CG, que além de possuir sedimentos mais finos, está sob a influência do AVS, mostrada na segunda CP. Na 2ª campanha, os fatores 3 e 4 explicam 15% da variância. A primeira CP está negativamente correlacionada com a maioria das variáveis, semelhante à 1ª campanha. Observa-se um agrupamento diferente, controlado pelo AVS e pH, além da fração argila aproximando as estações 2-MA, 3-MA e 8-CG. Mais uma vez, as demais estações do mesolitoral, são controladas pela fração areia, da primeira CP. As estações 1-CG e 4-MA terão o silte, Fe, Mn e o Zn como os principais elementos geoquímicos controlando o comportamento dos demais parâmetros nessas estações. O principal parâmetro que influencia nessa distribuição é a granulometria. Ainda na Figura 3, a ACP separa as estações em 3 grupos na 1ª campanha, fazendo uma separação entre as estações do meso e do infralitoral, exceto a 8-CG, exatamente por ter sedimentos mais finos, semelhante as estações do infralitoral. O silte explica o agrupamento da estação 1-CG e 4-MA e a argila do grupo das estações 2-MA, 3-MA e 8-CG. O terceiro grupo está sendo controlado pelo Fe, AVS e pela granulometria.

É de conhecimento da literatura (LACERDA, 1998; JESUS et al., 2004; ALVES et al., 2007; GARCIA et al., 2007; VASCONCELOS et al., 2013) que os óxidos e hidróxidos concentram a maior parte dos metais nos sedimentos marinhos. Isso é mostrado na correlação entre Fe, Mn e AVS, e desses com os demais metais e componentes da matéria orgânica (C.O.T e N). Com relação a toxicidade potencial e disponibilidade dos metais na área de estudo, a repetição dos ensaios com sedimentos que antecederam um período de chuva, 2ª campanha, não demonstrou a mesma toxicidade, ou seja, disponibilidade de metais. Este resultado, conforme mostra a Tabela 4, indica que há uma diferença na disponibilidade dos metais nos diferentes períodos de coleta, conforme mostrado na relação [AVS/SEM] e AVS:Fe.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os principais pontos observados ressaltam que, para fins toxicológicos, as médias gerais dos teores de metais nas estações estudadas não alcançaram níveis comparativamente elevados, quando comparados com os valores estabelecidos pelas agências internacionais (NOOA e EC) e os teores de metais (Cd, Cu, Pb, Ni e Zn) nos sedimentos da Porção Norte da Baía de Todos os Santos apresentam concentrações inferiores às encontradas em sedimentos de outras áreas estuarinas, do Brasil, referenciados para comparações;

De acordo com os valores determinados para os metais, pode-se inferir que não apresentam efeito adverso à biota, sendo confirmado pela relação de [SEM]/[AVS] menor que 1 para todas as estações, supondo-se que os metais são controlados pelos sulfetos nesses sedimentos, não estando portanto biodisponíveis.

O estudo mostrou uma marcante variabilidade espacial no AVS e nas concentrações de metais, e conseqüentemente na biodisponibilidade de metais. Se alterações sazonais fossem levadas em conta, é provável que esta variabilidade seria ainda mais acentuada. Em áreas onde os impactos ambientais foram de longo prazo, o estudo deve ser baseado em amostras de um pequeno espaço, com fatores atuando em pequena escala espacial, como a inundação das marés e o movimento de água local. Quando do monitoramento de impacto ambiental utilizando AVS, a variação em pequena e grande escala espacial, bem como a variação sazonal devem ser estimadas, a fim de não confundir com padrões procurados em larga escala.

REFERÊNCIAS

- ALLEN, H.E.; EU, G.; DENG, B. Analysis Acid-volatile Sulfides (AVS) and Simultaneously Extracted Metals (SEM) for the estimation of Potential Toxicity in Aquatic Sediments. *Environmental Toxicology and Chemistry*. n. 12, p. 1441-453, 1993.
- ALVES, J.P.H.; PASSOS, E.A.; GARCIA, C.A.B. Metals and acid volatile sulfide in sediment cores from the Sergipe River Estuary, Northeast, Brazil. *J. Braz. Chem. Soc.* v. 18, n. 4, p. 204-212, 2007.
- BAHIA. Superintendência de Recursos Hídricos / Secretaria de Infra Estrutura: Projeto de **Qualidade das Águas, Alto Subaé e Pedra do Cavallo**: Diagnostico Regional Caracterização Física Biótica e qualidades das águas. Vol. 1 – Tomo A, Salvador-BA, CD-ROM. 1999.

- BENOIT, G.; ROZAN, T.F.; PATTON, P.C.; ARNOLD, C.L. Trace metals and radionuclides reveal sediment sources and accumulation rates in Jordan Cove, Connecticut. **Estuaries**, n. 22, p. 65-80, 1999.
- BERNER, R. A. **Early Diagenesis: A Theoretical Approach**, Princeton University Press: Princeton, NJ, USA. 1980.
- BURONE, L.; MUÑIZ, P.; PIRES-VANIN, A.M. S.; RODRIGUES, M. Spatial distribution of organic matter in the surface sediments of Ubatuba Bay (Southeastern – Brazil). **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, n.75, p. 77-90, 2003.
- CARVALHO, M.F.B. **O Modelo AVS contribuindo na Avaliação do Grau de Remobilização e da Biodisponibilidade de Metais em Ecossistemas Aquáticos**. Tese de Doutorado. Departamento de Geoquímica, Universidade Federal Fluminense, 220 p. 2001.
- CELINO, J.J.; VEIGA, I.G.; TRIGÜIS, J.A.; QUEIROZ, A.F.S. Fonte e Distribuição de Hidrocarbonetos do Petróleo nos Sedimentos da Baía de Todos os Santos, Bahia. **Braz. J. Aquat. Sci. Technol.**, n. 12, p.31-38, 2008^a.
- CELINO, J.J.; CORSEUIL, H.X.; TRIGÜIS, J.A.; FERNANDES, M. **Valores Orientadores para Hidrocarbonetos Policíclicos Aromáticos em Água e Sedimentos de manguezais na Baía de Todos os Santos**, Bahia. In: QUEIROZ, A.F.S.; CELINO, J.J. (Org.). *Avaliação de ambientes na Baía de Todos os Santos: Aspectos geoquímicos, geofísicos e biológicos*. 1^a ed. Salvador: EDUFBa, 1, 298 p., cap. 6, p. 115-133. 2008b.
- CIRANO, M. e LESSA, G.C. Oceanographic Characteristics of Baía de Todos os Santos, Brazil. **Revista Brasileira de Geofísica**, n. 25, p.363-387, 2007.
- CRA-Centro de Recursos Ambientais. **Avaliação da Qualidade das Águas Costeiras superficiais**. Relatório Técnico. 2001.
- DI TORO, D. M.; MOHONY J. D.; HANSEN D. J.; SCOTT K. J.; HICKS M. B.; MAYR S. M.; REDMOND M. S. Acid-volatile predicts the acute toxicity of cadmium and níquel in sediment. **Environ. Sci. Technol.**, v. 26, n. 1, p.96-10, 1990.
- EMBRAPA Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Manual de Métodos de Análise de Solo**. 2^a ed Rio de Janeiro: Centro Nacional de Pesquisa de Solos (CNPQ), 211p. 1997.
- ENVIRONMENT CANADA. Canadian Sediment Quality Guidelines for the Protection of Aquatic Life Summary Tables, 1999. Disponível em: <<http://www.ec.gc.ca>> Acesso em: 15/jun/2012.
- FOLK, R.L., WARD, W.C. Brazos Bar, a study in the significance of grain size parameters. **J. Sedim. Petrol.**, n. 27, p. 3-27, 1957.
- GARCIA,K.S; OLIVEIRA,O.M.C.; QUEIROZ, A.F.S.; ARGOLO, J.L. Geoquímica de Sedimentos de Manguezal em São Francisco do Conde e Madre de Deus – BA. **Geochimica Brasiliensis**, n. 21, p.164-176, 2007.
- GARCIA, K.S.; OLIVEIRA, O.M.C.; ARAÚJO, B.R.N. **Biogeoquímica de Folhas de *Avicennia schaueriana* Stapf & Leechman na área norte da Baía de Todos os Santos**. In: QUEIROZ, A.F.S; CELINO, J.J. (Org.). *Avaliação de ambientes na Baía de Todos os Santos: Aspectos geoquímicos, geofísicos e biológicos*. 1^a ed. Salvador: EDUFBa, v. 1, 298 p., cap. 11, p. 213-232. 2008.
- GRIETHUYSEN, C.V.; GILLISSEN, F.; KOELMANS, A.A. Measuring acid volatile sulphide in floodplain lake sediments: effect of reaction time, sample size and aeration. **Chemosphere**, n. 47, p.395-400, 2002.
- HOWARD, D.E.; EVANS, R.D. Acid-volatile sulfide (AVS) in a seasonally anoxic mesotrophiclake: Seasonal and sapcial changes in sediment AVS. **Environment Toxicology and Chemistry**, n. 12, p.1051–1057, 1993.
- JESUS, H.C.; COSTA, E.A.; MENDONÇA, A.S.F.; ZANDONADE, E. Distribuição de metais pesados em sedimentos do sistema estuarino da Ilha de Vitória-ES. **Química Nova**, n. 27, p.378-386, 2004.
- JOLLIFFE, I.T. **Principal component analysis** (2nd ed.). Springer-Verlag, New York. 2002.
- KAISER, H.F. The application of electronic computers to factor analysis. **Educ. Psychol. Meas.** n.20, p.141-151, 1960.
- LACERDA, L.D. **Trace Metals Biogeochemistry and Difuse Pollution in Mangrove Ecosystems Okinawa ISRM Mangrove Ecosystems Occasional Papers**, v.2, 65 p, 1998.
- LASORSA, B.; CASAS, A.A. comparison of sample handling and analytical methods for determination of acid volatile sulfides in sediment. **Marine Chemistry**, n. 52, p.211-220, 1996.
- LEONARD E.N.; MATTSON V.R.; BENOIT D.A.; HOKE R.A.; ANKLEY, G.T. Seasonal variation of acid volatile sulfide concentration in sediment cores from three northeastern Minnesota lakes. **Hydrobiologia**, n. 271, p.87-95, 1993.
- MADDOCK, J.E.L.; MACHADO, W.; CARVALHO, M.F., SANTELLI, R.E. Contaminant metal behaviour during re-suspension of sulphidic estuarine sediments. **Water, Air and Soil Pollution**, n. 181, p.193-200, 2007.
- MACHADO, W.; CARVALHO, M.F., SANTELLI, R.E.; MADDOCK, J.E.L. Reactive sulfides relationship with metals in sediments from an eutrophicated estuary in Southeast Brazil. **Marine Pollution Bulletin**, n. 49, p.89–92, 2004.

- MANAHAN, S.E. **Environmental Chemistry**. 7th ed., CRC Press, 898 p. 2000.
- MANLY, B.F.J. **Multivariate Statistical Methods** - a primer. 2^a ed. New York, Chapman & Hall, 215p. 2000.
- MARTINS, L.K.P. **Evidência de Toxicidade em Sedimentos Associados à indústria Petrolífera: Uso de Bioindicadores**. Dissertação de Mestrado. Departamento de Geoquímica, Universidade Federal da Bahia, Salvador, 149p. 2001.
- MEYERS, P.A. Organic geochemical proxies of paleoceanography, paleolimnologic and paleoclimatic processes. **Organ. Geochem.**, n. 27, p.213-250, 1997.
- MOZETO A.A., SILVERIO P.F., SOARES, A. Estimates of benthic fluxes of nutrients across the sediment-water interface (Guarapiranga reservoir, Sao Paulo, Brazil). **Science of the Total Environment**, v. 266, n.1-3, p.135-142, 2001.
- MOZETO, A.A. **Crítérios de Qualidade de Sedimentos (CQS) para metais pesados: Fundamentos teóricos e técnicos para implementação**. Laboratório de Bioquímica Ambiental, 86p. Universidade Federal de São Carlos. São Carlos – SP, 2001.
- NOAA - National Oceanic and Atmospheric Administration **Screening quick Reference Tables**. Seattle USA, 12p. 1999.
- NORDSTROM, D.K. **A comparison of computerized chemical models for equilibrium calculations in aqueous systems**. In: Chemical Modeling in Aqueous Systems, ACSSYMP. Series 93, p.859-893. 1979.
- ONOFRE, C.R.E.; CELINO, J.J.; QUEIROZ, A.F.S.; NANO, R.M.W. Biodisponibilidade de metais traços nos sedimentos de manguezais da porção norte da Baía de Todos os Santos, Bahia, Brasil. **Revista de Biologia e Ciências da Terra**, n. 7, p.65-82, 2007.
- PESO-AGUIAR, M.C.; SMITH, D.H.; ASSIS, R.C.F.; SANTA-IZABEL, L.M.; PEIXINHO, S.; GOUVEIA, E.P.; ALMEIDA, T.C.A; ANDRADE, W.S.; CARQUEIJA, C.R.G.; KELMO, F.; CARROZZO, G.; RODRIGUES, C.V.; CARVALHO, C.G.; JESUS, A.C.S. Effects of petroleum and its derivatives in benthic communities at Baía de Todos os Santos/Todos os Santos Bay, Bahia, Brasil. **Aquatic Ecosystem Health and Management Society**, n. 3, p. 459-470, 2000.
- POMPÊO, M. et al. Biodisponibilidade de metais no sedimento de um reservatório tropical urbano (reservatório Guarapiranga–São Paulo (SP), Brasil): há toxicidade potencial e heterogeneidade espacial?. **Geochimica Brasiliensis**, v. 27, n. 2, p. 104-119, 2013.
- SAITO, Y.; NISHIMURA, A.; MATSUMOTO, E. Transgressive sand sheet covering the shelf and upper slope off Sendai, Northeast Japan. **Marine Geology**, n. 89, p. 249-258. 1989.
- SHERPARD, P.F. Nomenclature based on sand, silt, clay ratios. **J. of Sedimentary Petrology**, n. 24, p. 151-158, 1954.
- SILVA, M. L. de S.; LEVY, C. de C. B.; VITTI, G. C. Availability of heavy metals in contaminated soil evidenced by chemical extractants. **Revista Ceres**, v. 59, n. 3, p. 406-413, 2012.
- SILVEIRA, P. B. et al. Avaliação da biodisponibilidade de metais em sedimentos de manguezais da área do Complexo Estuarino de Suape-PE. **Scientia Plena**, v. 9, n. 8 (b), 2013.
- SILVÉRIO, P.F.; FONSECA, A.L.; BOTTA-PASCHOAL, C.M.R.; MOZETO, A.A. Release, bioavailability and toxicity of metals in lacustrine sediments: A case study of reservoirs and lakes in Southeast Brazil. **Aquatic Ecosystem Health & Management**, v. 8, n. 3, p. 313- 322, 2005.
- SIQUEIRA, G.W.; BRAGA, E.S; MAHIQUES, M.M; APRILE, F.M. determinação da matéria orgânica e razões C/N e C/S em sedimentos de fundo do estuário de Santos - SP/Brasil. **Arq. Ciên. Mar**, n. 39, p. 18-27, 2006.
- STEIN, R. Accumulation of organic carbon in marine sediments. Results from the deep sea drilling project/ocean drilling program. **Lecture Notes in Earth Sciences**, n.34, 217p. 1991.
- VASCONCELOS, F. M. et al. Caracterização do potencial de biodisponibilidade de metais (Zn, Cd, Pb, Cu e Ni) em sedimentos de corrente do Rio São Francisco. **Revista Geonomos**, v. 18, n. 1, 2013.
- VENTURINI, N.; TOMMASI, L.R. Polycyclic aromatic hydrocarbons and changes in the trophic structure of Polychaete assemblages in sediments of Todos os Santos Bay, Northeastern, Brazil. **Marine Pollution Bulletin**, n.48, p. 97-107, 2004.
- WOLGEMUTH, K.M.; BURMETT, W.C.; MOURA, P.L. Oceanography and suspended material in Todos os Santos Bay. **Revista Brasileira de Geociências**, n. 11, p. 172–178, 1981.
- WALKEY-BLACK, A. A critical examination of a rapid method for determining organic carbon in soils: Effect of variations in digestion conditions and of inorganic soil constituents. **Soil Sci.**, n. 63, p. 251-263, 1947.