Uso de SIG na Avaliação da Contaminação por Chumbo e Cobre no Canal do Cunha e no Oeste da Baía de Guanabara , Rio de Janeiro, RJ

Fábio Ventura dos Santos [1]
Renata Coura Borges[1]
Paloma da Conceição Vieira [1,2]
Francisco Fernando Lamego Simões Filho[1]
Celso Marcelo Franklin Lapa[1]

[1] Instituto de Engenharia Nuclear - IEN
Laboratório de Impactos Ambientais (LIMA)
Rua Hélio de Almeida, 75 – 21941-906 – Cidade Universitária – Rio de Janeiro – RJ, Brasil
{fabio.ventura.santos, paloma.c.vieira}@gmail.com, renatacouraborges@hotmail.com,
{flamego, lapa}@ien.gov.br

[2] Universidade Federal do Rio de Janeiro - UFRJ
Av. Pedro Calmon, 550 – 21941-901 – Cidade Universitária – Rio de Janeiro – RJ, Brasil

Abstract. As well as other subbasins of Guanabara Bay, the Canal do Cunha's sub-basin, located in the city of Rio de Janeiro, suffered a severe environmental degradation as from the 1950s due to the accelerated urban-industrial development. Having a fluvial dynamics changed - by deforestation, dredging, occupying valleys and corrections - the channel is responsible for the flow of effluents and sediments that contribute to environmental degradation and has direct influence on water quality aggravation indices in the western portion of the Guanabara Bay. This study intends to evaluate, through GIS techniques, the spatial distribution of the levels of lead (Pb) and copper (Cu) launched by domestic sewage and industrial effluents using data provided by six points monitoring State Environmental Institute (INEA) . The representation of distributions allowed us to observe the influence of seasonality and the concentration of suspended sediment concentrations of metals. This work integrates the Canal do Cunha's characterization project, developed by the Laboratory of Environmental Impacts and Sustainability (LIMA) Nuclear Engineering Institute (IEN).

Palavras-chave: interpolação, espacialização, geoquímica, interpolation, spatialization, geochemical.

1. Introdução

A degradação da qualidade da água pode ser causada tanto como resultado da pressão antrópica (e.g. ocupação desordenada) como por fatores naturais que muitas vezes são acelerados por atividades antrópicas (e.g. erosão de rochas e solos). Porém, os cursos d'água das regiões metropolitanas têm sofrido, de forma intensa, com o impacto das diversas atividades humanas (aporte de efluentes domésticos e industriais) estabelecidas em suas proximidades. De acordo com os dados da Pesquisa Anual de Amostras de Domicílios (PNAD) de 2009, 72,7% dos domicílios eram atendidos pela rede de esgoto no estado (IBGE, 2010). Em 2011, este dado de cobertura apresentou resultado de 70% (IBGE, 2012), indicando o aumento do número de domicílios e, consequentemente, o agravamento da poluição ambiental devido ao aumento dos despejos sem tratamento.

Os efluentes que mais afetam os recursos hídricos são os componentes orgânicos, metais pesados e nutrientes, oriundos dos esgotos domésticos e dos efluentes industriais. Dentro da categoria de metais pesados, encontram-se os elementos chumbo (Pb) e cobre (Cu), que apesar de serem essenciais ao funcionamento de algumas atividades da sociedade moderna, podem ser nocivos à saúde em caso de exposição prolongada (Loureiro, 2006) e provocar estresse aos ecossistemas costeiros (Rocha et al., 2010). O primeiro tem como uma das principais fontes de contribuição o escoamento superficial urbano, associado aos aditivos de combustíveis automotivos. O último pode estar associado à corrosão de tubulações, uso de compostos de cobre como algicidas aquáticos, escoamento superficial e contaminação da água

subterrânea, a partir do uso de fungicidas agrícolas, da precipitação atmosférica e descarga de efluentes decorrentes de fontes industriais (mineração, fundição e refinamento).

A falta de critérios para mensurar a contaminação dos sedimentos levou o CONAMA a estabelecer os Valores Guias de Qualidade de Sedimentos (VGQS) por meio da resolução 344/2004. De acordo com esta, os intervalos de concentração estimados (em mg kg^{-1}) são de 34 e 270 para o cobre, enquanto para o chumbo são de 46,7 e 210.

Sendo alvo de investimentos e pesquisas com o intuito de despoluir a Baía de Guanabara, o presente trabalho tem como objetivo avaliar – por meio de técnica de interpolação – a poluição na foz e entorno do Canal do Cunha por chumbo e cobre lançados nas águas superficiais e depositados nos sedimentos de acordo com as variações sazonais (período chuvoso e seco).

Segundo dados do INEA (2003), sub-bacia do Canal do Cunha (figura 1) – situada no município do Rio de Janeiro entre os paralelos 22° 51' e 22° 55' Sul e os meridianos 43° 15' e 43° 20' Oeste – possui 84% de sua área (aproximadamente 62,85 km^2) intensamente urbanizados, incluindo favelas, loteamentos clandestinos ou irregulares. A única área natural existente corresponde ao Parque da Tijuca que conta com florestas secundárias em bom estado.

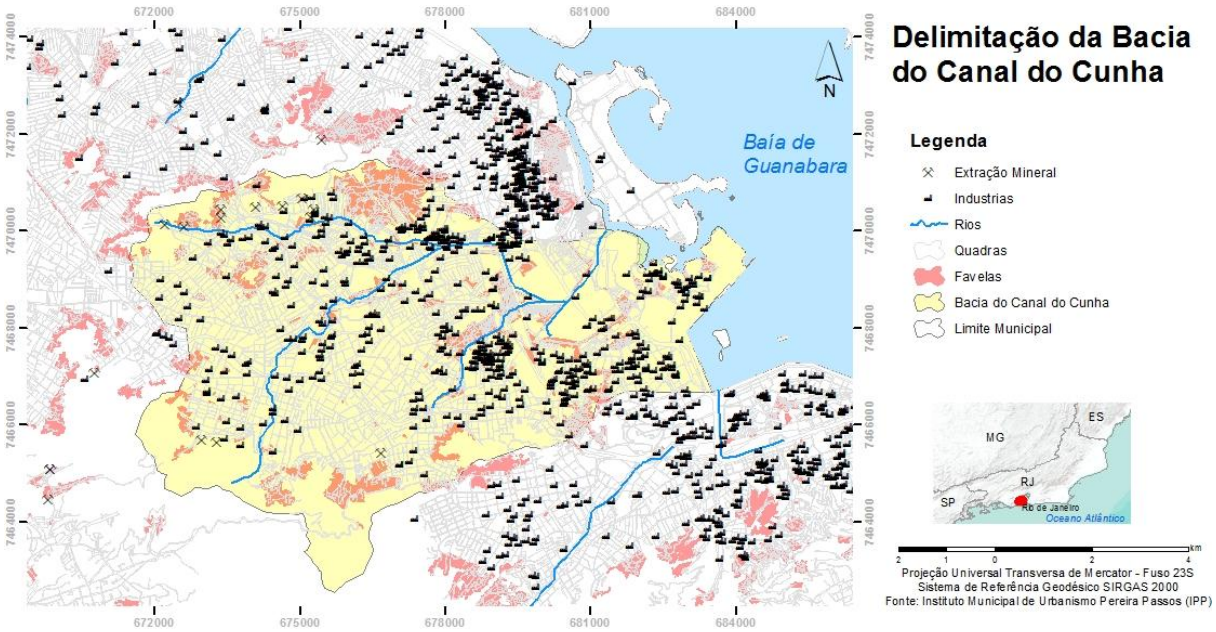

Figura 1. Sub-Bacia Hidrográfica do Canal do Cunha e representação de sua malha urbana

É limitada ao norte pela Serra da Misericórdia; ao Sul pelo Maciço da Tijuca; a leste, principalmente, pelo divisor da Bacia do Canal do Mangue e a oeste com as Bacias dos Rios São João do Meriti e Irajá. A foz se localiza a Sudoeste da Baía de Guanabara na região da Ilha do Fundão (Cidade Universitária).

Segundo o método de Strahler (1957) é classificada como uma bacia de 3ª ordem, tendo os rios do trecho superior com acentuada declividade e complexa rede de canais, com padrão variável entre dendrítico e treliça. Os trechos médios e inferiores se desenvolvem sobre planície, onde os rios têm baixa velocidade de escoamento. Neste, a rede de drenagem encontra-se profundamente alterada passando a correr em canais retificados completamente urbanizados (INEA, 2003).

2. Materiais e Métodos

A discussão da distribuição dos metais na água e no sedimento do Canal do Cunha e parte do oeste da Baía de Guanabara é embasada nos dados disponibilizados pelo Instituto Estadual do Ambiente (INEA). Desde a década de 1970 a, então, Fundação Estadual de Engenharia do Meio Ambiente (FEEMA) monitorava os principais corpos hídricos do Estado do Rio de Janeiro, fornecendo então uma série histórica que permite analisar a evolução das condições ambientais do ecossistema fluvial deste estudo.

Foram selecionados dados de seis estações de monitoramento (figura 2): estação CN100, FR142, GN22, GN48 e GN50. Decidiu-se excluir os dados da estação GN43 (localizada no vão central da ponte do Aeroporto do Galeão) por não possuir dados referentes aos metais nos sedimentos.

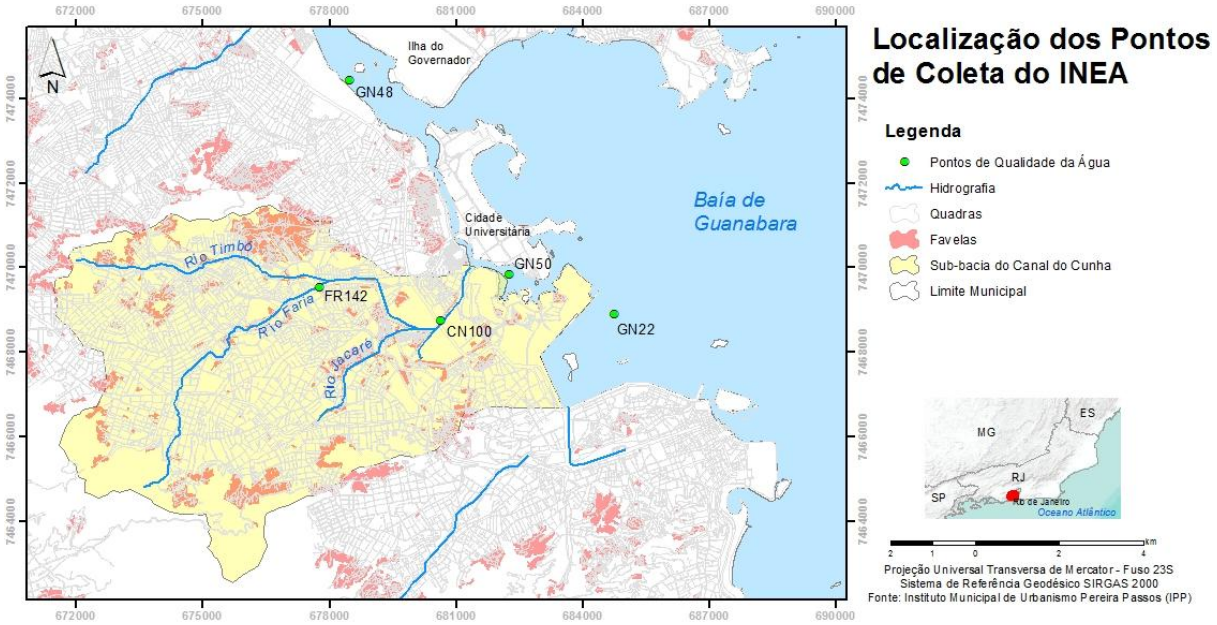

Figura 2. Localização dos pontos de coleta na Bacia do Canal do Cunha e na Baía de Guanabara.

Os dados referentes à camada superficial da coluna d´água foram obtidos pela coleta de amostras com garrafa de van Dorn, armazenadas em frascos de polietileno de 500 mL, refrigeradas a 4 °C e protegidas contra a luz, para posterior filtração (INEA, 2003). A coleta dos sedimentos foi realizada usando amostrador de sedimentos Van Veem, frascaria higienizada para acondicionamento de amostras e isopor com gelo para a conservação e transporte das amostras. As amostras foram enviadas para empresa TASQA- Serviços Analíticos Ltda. em Campinas, São Paulo. A abertura das amostras de sedimento foi feita pelo método da EPA 3051 e a análise foi realizada por ICP-OES. A análise granulométrica dos sedimentos foi feita utilizando o método de peneiramento e pipetagem, após a eliminação da matéria orgânica com H_2O_2 (INEA, 2003).

Seguindo a metodologia proposta por trabalhos anteriores como Mayr (1998) e Barros (2002), as médias dos dados de superfície d'água – tabulados em planilha eletrônica (Microsoft Excel) – foram feitas de acordo com a sua sazonalidade (período chuvoso e seco) durante os anos 2000 e 2005.

Uma vez georreferenciados segundo as coordenadas das estações de amostragem do INEA, estes dados foram convertidos em formato vetorial de pontos e interpolados com a técnica Inverse Distance Weighted (IDW), disponível no software ArcGIS 10. Esta técnica de interpolação assume a lógica de que a variável que está sendo mapeada tem sua influência reduzida conforme a distância do local de amostragem (ESRI, 2011). O método matemático usado pelo interpolador IDW é representado na equação 1, onde: z = valor interpolado; n =

número de indivíduos observados; zi = valores atribuídos aos indivíduos observados; di = distância entre os indivíduos observados e o interpolado (Varella & Junior, 2008).

$$x = \frac{\sum_{i=1}^{n} \frac{1}{d_i^p} z_i}{\sum_{i=1}^{n} \frac{1}{d_i^p}} \quad (1)$$

O critério para a adoção deste método se deu por sua propriedade de não estimar valores superiores ou inferiores aos máximos e mínimos registrados nos pontos de amostragem, o que não acontece em métodos como Kernel.

A base cartográfica utilizada foi fornecida pelo Laboratório de Cartografia do Departamento de Geociências da UFRJ (Geocart), fruto do projeto "Implantação da rede de informações para a gestão ambiental da bacia da Baía de Guanabara, com base em sistema de informações geográficas - SIG" desenvolvido para o IBAM/IBAMA em 2002. Esta consistiu na edição do mosaico de folhas 1:50.000 do IBGE e DSG. Entre os planos de informações desenvolvidos pelo projeto, apenas os dados referentes à hidrografia e linha de costa foram adotados.

3. Resultados e Discussão

Os resultados permitiram observar que a estação CN100 localizada no Canal do Cunha registra os mais altos níveis de Cu e Pb na coluna d'água (figuras 3 e 4). Tal fato é explicado por se tratar do canal que recebe os fluxos de esgoto e efluentes industriais oriundos dos rios e canais contribuintes da bacia. Outro motivo observado se deve à baixa influência da salinidade (figura 5) e da circulação hidrodinâmica (dispersão) na área, ocasionada pelos aterramentos que formaram a Cidade Universitária. Esses fatores tendem a gerar um gradiente nas concentrações com valores diminuindo em direção ao oceano (Sinex & Helz, 1981).

A separação das concentrações por períodos secos e chuvosos apresentou maior concentração de chumbo no segundo período (figura 4). Tal fenômeno é explicado pelo maior escoamento superficial continental urbano que ocorre neste período (Scheeffer, 2001).

O cobre por sua vez, apresentou maior concentração na estação seca (figura 3). Esse comportamento diferenciado se justifica pela afinidade deste metal com a matéria orgânica. Para Rebello et al. (1988), a maior parte da concentração de cobre se encontra sob forma de complexos orgânicos altamente estáveis (cerca de 80%). Outro fator se deve a sua adsorção por partículas em suspensão e sua precipitação.

As concentrações dos metais encontrados nos sedimentos (figura 6) apresentaram valores superiores aos encontrados na coluna d'água. Ligero et al. (2001) aponta a afinidade do chumbo por argilas e oxi-hidróxidos de ferro e alumínio, promovendo a adsorção dos metais e, no caso do cobre, sua maior afinidade pela matéria orgânica. Comparando as concentrações de cobre e chumbo no sedimento, observa-se que as concentrações de cobre são maiores que as de chumbo, este fato deve estar associado à alta porcentagem de matéria orgânica no sedimento de fundo dos locais amostrados.

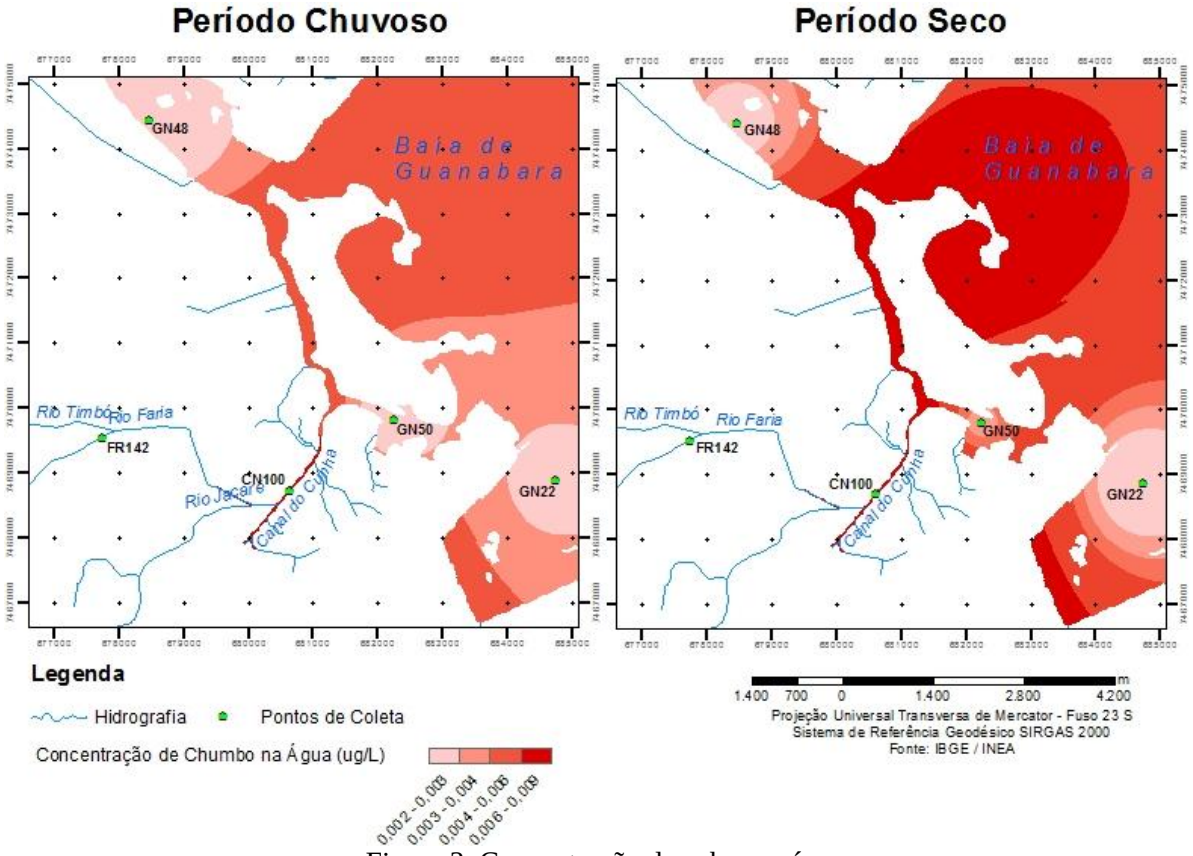

Figura 3. Concentração de cobre na água.

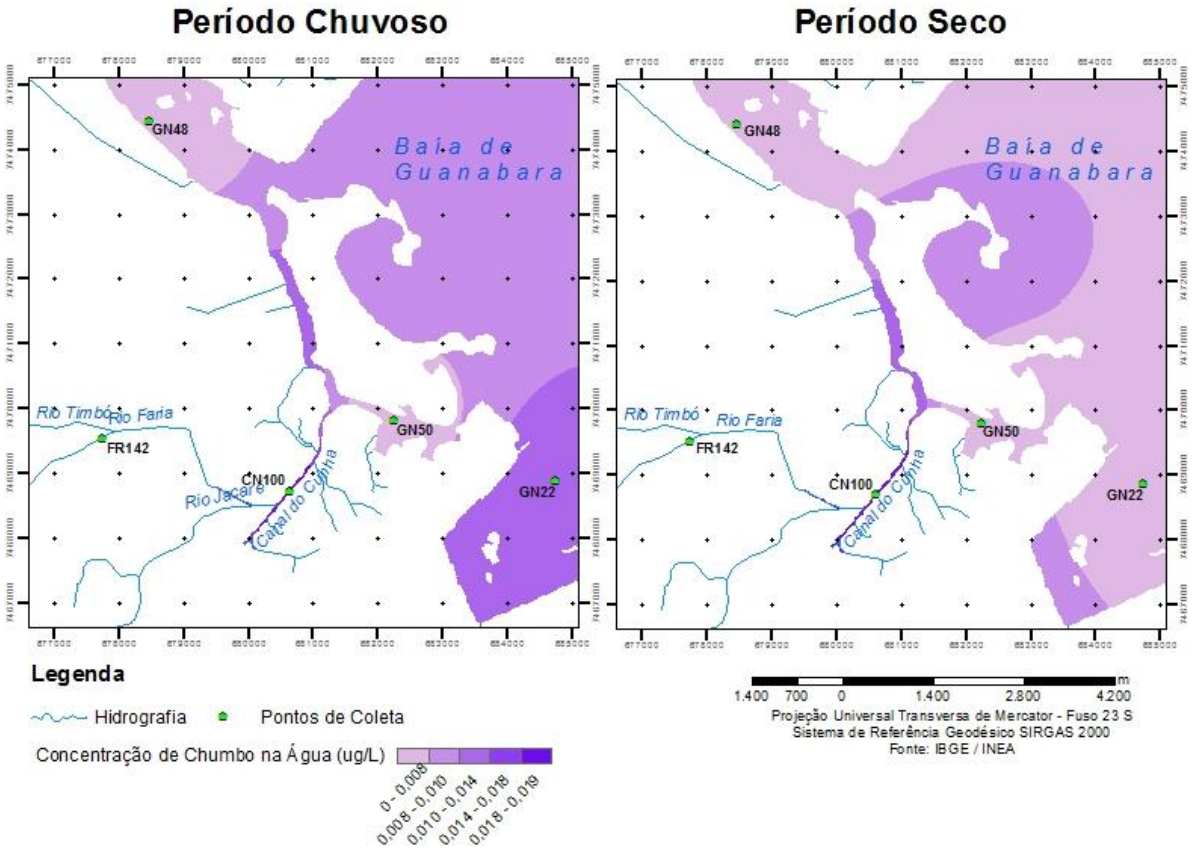

Figura 4. Concentração de chumbo na água

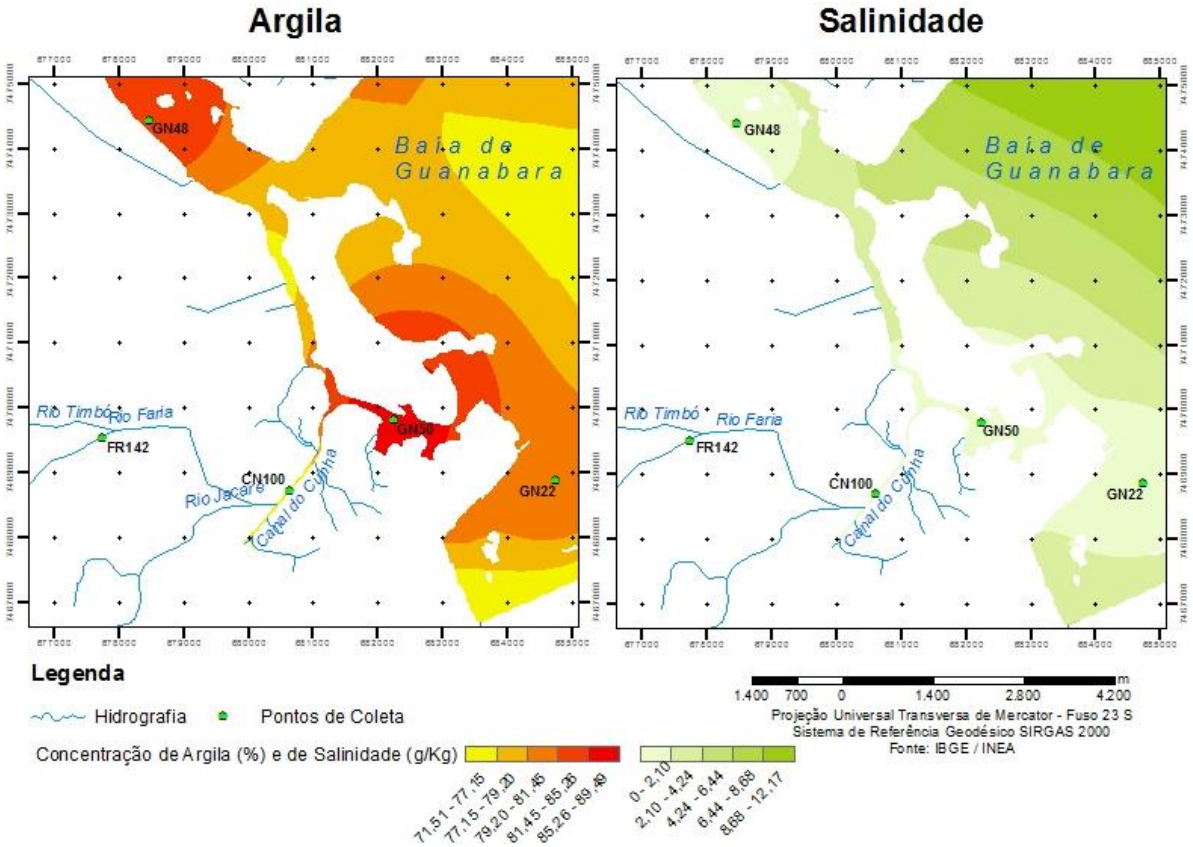

Figura 5. Distribuição da porcentagem de argila e concentração de salinidade na água.

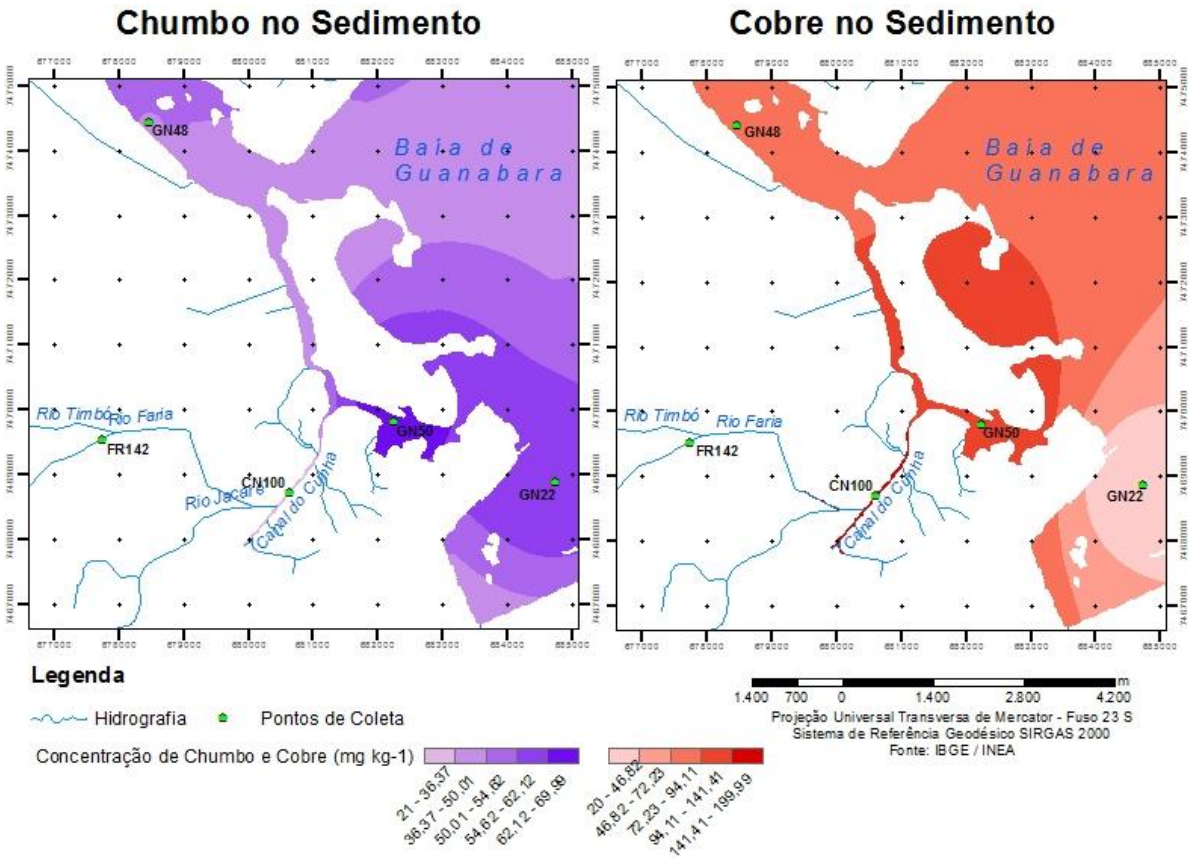

Figura 6. Contração de metais nos sedimentos

4. Conclusões

O projeto de caracterização da Bacia do Canal do Cunha se encontra em desenvolvimento. Os resultados apresentados no trabalho usando o interpolador IDW permitiram estimar as concentrações de metais chumbo e cobre nas proximidades de sua foz. Verificou-se que as concentrações apresentam variações diferenciadas entre os períodos chuvosos e secos. Foi possível observar, também que a distribuição dos sedimentos finos influencia na concentração desses metais no período seco.

Durante a continuidade do trabalho, está previsto o aumento da escala cartográfica e o acréscimo de pontos de amostragem (além das estações do INEA), com o objetivo de melhorar os resultados e aplicar um método estatístico de validação. A falta de mais pontos de amostragem torna os resultados menos precisa (principalmente na porção nordeste da área de estudo). Espera-se também utilizar dados batimétricos afim estimar o volume de metais despejados na coluna d'água da área de estudo.

4. Agradecimentos

Agradecemos ao Laboratório de Cartografia (Geocart) do Departamento de Geociências da UFRJ pelo fornecimento dos dados cartográficos utilizados neste trabalho.

5. Referências

Barros R.S. de (2002). **Estimativa de parâmetros ambientais com o suporte do sensoriamento remoto – Estudo de caso: Baía de Guanabara**. 2002. 152p. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2002.

Conselho Nacional de Meio Ambiente – CONAMA (2004). Resolução CONAMA n°344, de 25 de março de 2004. Publicada no DOU n° 087 em 07 de maio de 2004. In: **Resoluções do Conama: Resoluções vigentes publicadas entre setembro de 1984 e janeiro de 2012**. Ministério do Meio Ambiente. Brasília: MMA, 1126p. 2012.

Christofoletti, A. (1969) Análise morfométrica de bacias hidrográficas. Notícia Geomorfológica. V. 18, n. 9. P. 35-64.

Christofoletti, A. (1980) **Geomorfologia**. São Paulo. Editora Edgard Blücher. 149 p.

Environmental Systems Research Institute – ESRI (2011). **Desktop Help 10.0 - How IDW works**. Disponível em: < http://help.arcgis.com/en/arcgisdesktop/10.0/help/index.html#/How_IDW_works/009z00000075000000/ >. Acesso em: 05/11/2012.

Fundação Estadual de Engenharia e Meio Ambiente – FEEMA (1991). DZ- 205. R-5 – **Diretriz de controle de carga orgânica em efluentes líquidos de origem industrial**. CECA n° 2491, 05 de outubro de 1991. Publicada no DOERJ de 24 de outubro de 1991.

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE (2010). **Pesquisa Nacional por Amostras de Domicílios. Síntese de Indicadores 2009**. Disponível em: < http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/trabalhoerendimento/pnad2009/pnad_sintese_2009.pdf >. Acesso em: 05/11/2012.

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE (2012). **Pesquisa Nacional por Amostras de Domicílios. Síntese de Indicadores 2011**. Disponível em: < ftp://ftp.ibge.gov.br/Trabalho_e_Rendimento/Pesquisa_Nacional_por_Amostra_de_Domicilios_anual/2011/Sintese_Indicadores/sintese_pnad2011.pdf >. Acesso em: 05/11/2012.

Instituto Estadual do Ambiente – INEA (2003). **Plano diretor de recursos hídricos da região hidrográfica da Baía de Guanabara.** Rio de Janeiro. 2003. Disponível em: < http://www.inea.rj.gov.br/recursos/downloads/comite_baia_guanabara_plano_bacia_volume_1.pdf >. Acesso em: 05/11/2012..

Ligeiro, R.A.; Ramos-Larate, I.; Barrera, M. & Casas-Ruiz, M. (2001) Relationships between sea-bed radionuclide activities and some sedimentological variables. **Jornal of Environmental Radioactivity**. 57: 7-19. 2001.

Loureiro, D.D. (2006). **Evolução dos aportes de metais pesados na Lagoa Rodrigo de Freitas, RJ**. 2006. 126p. Dissertação (Mestrado em Geoquímica Ambiental) – Universidade Federal Fluminense, Niterói, 2006.

Mayr, L.M. (1998). **Avaliação da Baía de Guanabara com o suporte do geoprocessamento**. 1998. 389 p. Tese (Doutorado em Geografia) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 1998.

Rebello, A. de L., Ponciano, C.R.; Melges, L.H. (1988) Avaliação da produtividade primária e da disponibilidade de nutrientes na Baía de Guanabara. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, v.60, p.419-430, 1988.

Rocha D. S., Cunha B.C.A., Geraldes M.C., Pereira S.D., Almeida A.C.M. (2010) Metais pesados em sedimentos da baía de Sepetiba, RJ: implicações sobre fontes e dinâmica da distribuição pelas correntes de maré. **Geochimica Brasiliensis**, v. 24, n. 1, p. 63-70, 2010.

Scheeffer M. (2001) **Uma avaliação do controle industrial do programa de despoluição da Baía de Guanabara: o caso das 55 indústrias prioritárias**. 2001. 178p. Dissertação (Mestrado em Planejamento Energérico) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2001.

Sinex, S.A., Helz, G.R. (1981). Regional geochemistry of trace elements in Chesapeake Bay.**Marine Pollution Bulletin**, 19:425-431.

Strahler, A.N. (1957) **Quantitative analysis of watershed geomorphology**. New Halen: Transactions: American Geophysical Union 38: 913-920.

Varella, C.A.A., Junior, D.G. de S. (2008). **Estudo do Interpolador IDW do Arcview para Utilização em Agricultura de Precisão**. Disponível em: < http://www.ufrrj.br/institutos/it/deng/varella/Downloads/IT190_principios_em_agricultura_de_precisao/Aulas/Estudo%20do%20interpolador%20idw%20arcview.htm >. Acesso em: 05/11/2012.