

“Mineralogia magnética por termomagnetismo, DRX e MEV, em sedimentos da área estuarina de Santos-Cubatão (SP)”.



Rafael Rodrigues de Assis^{1,3} (rafael.assis@ige.unicamp.br); Wanilson Luiz-Silva¹ (wanilson@ige.unicamp.br); Ricardo Ivan Trindade² (rtrindad@iag.usp.br).

¹Departamento de Geologia e Recursos Naturais, Instituto de Geociências, UNICAMP; ²Instituto de Astronomia, Geofísica e Ciências Atmosféricas, USP

³Bolsista SAE/Unicamp – Serviço de Apoio ao Estudante

Palavras Chave: Estuário Santos-Cubatão – Poluição Antrópica – MEV – Termomagnetismo – Geoquímica Inorgânica



- INTRODUÇÃO -

As propriedades magnéticas têm sido empregadas como ferramentas de caracterização dos sulfetos e óxidos de ferro presentes em rochas, solos e sedimentos. Os estudos são realizados por meio de uma série de técnicas de medidas magnéticas, tais como termomagnetismo, difração de raios X (DRX) e microscopia eletrônica de varredura (MEV).

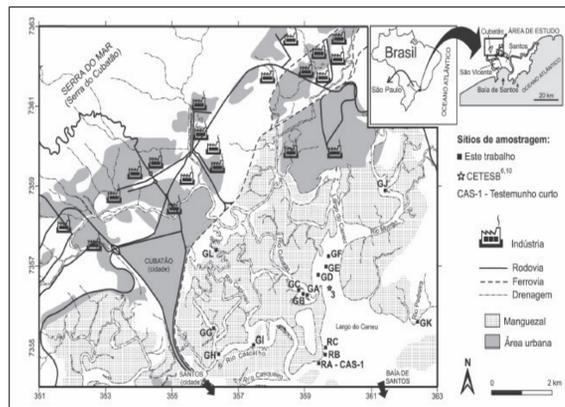


Figura 01: Mapa do sistema de estuários da região de Santos-Cubatão (SP), com a localização de algumas indústrias que o compõem.

Este projeto de Iniciação Científica objetivou caracterizar a suscetibilidade magnética e sua correlação com a concentração de elementos-traço e maiores em testemunhos curtos de sedimentos dos principais rios que compõem o sistema estuarino de Santos-Cubatão (Cubatão, Morrão, Casqueiro e Capivari). Almejou testar a associação entre a geofísica magnética e a geoquímica inorgânica como ferramentas integradas na avaliação de áreas contaminadas.

- AMOSTRAGEM E MÉTODO ANALÍTICO -

Foram investigadas amostras de testemunhos curtos (perfis de sedimentos) coletados em 2005 e 2006 nos rios Morrão, Cubatão, Casqueiro e Capivari.

As análises por microscopia eletrônica de varredura (MEV) foram realizadas no Laboratório de Microscopia Eletrônica do IG - UNICAMP, em um equipamento Leo 430i, da Oxford. Análises por difração de raios X (método do pó) foram efetuadas Centro de Geociências da Universidade Federal do Pará, em um difratômetro PHILIPS, modelo PW 3710, equipado com ânodo de cobre ($\lambda_{CuK\alpha1}$ = com monocromador de grafite e gerador de tensão e corrente ajustados para 45 kV e 40 mA, respectivamente. As curvas termomagnéticas foram obtidas no IAG-USP, no equipamento Kapabridge, modelo kly-4, equipado com o CS-3 FURNACE APPARATUS.

Figura 03: Testemunhos e frações utilizadas (rios Cubatão, Casqueiro e Capivari) nas análises pelas diversas técnicas empregadas: (a) Cubatão PP (CUB PP), (b) Cubatão QQ (CUB QQ), (c) Casqueiro (CAS I) e (d) Capivari (CAP).

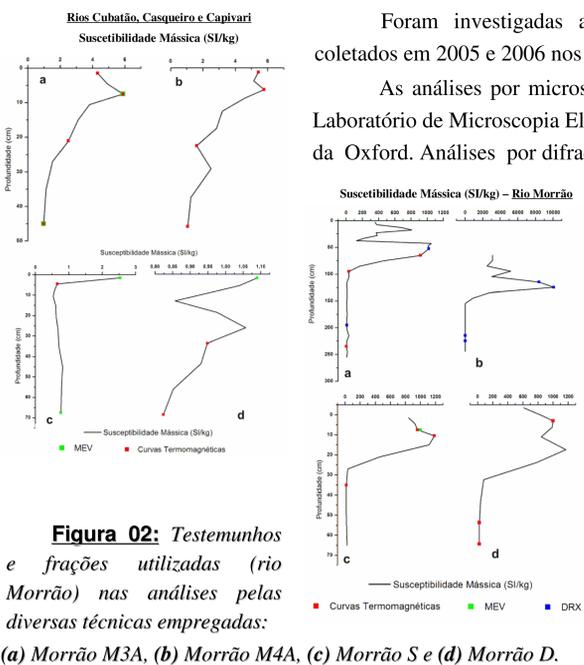


Figura 02: Testemunhos e frações utilizadas (rio Morrão) nas análises pelas diversas técnicas empregadas:

(a) Morrão M3A, (b) Morrão M4A, (c) Morrão S e (d) Morrão D.

- Resultados -

Pelos difratogramas verifica-se uma relação inversa entre as concentrações de magnetita (Fe_3O_4) e de quartzo (SiO_2) em função da profundidade.

Percebe-se que as concentrações de magnetita diminuem com o aumento da profundidade, diferentemente do quartzo, que apresenta padrão oposto, com aumento de sua concentração em função do aumento da profundidade. Fato pode ser visto pelo aumento da intensidade dos picos do mineral (Q).

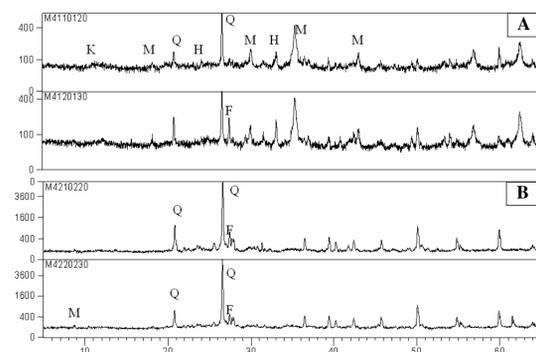


Figura 04: Difratogramas para as amostras provenientes das porções: (A) contaminada (M4A 110-120 e M4A 120-130) e (B) geogênica (M4A 210-220 e M4A 220-230).

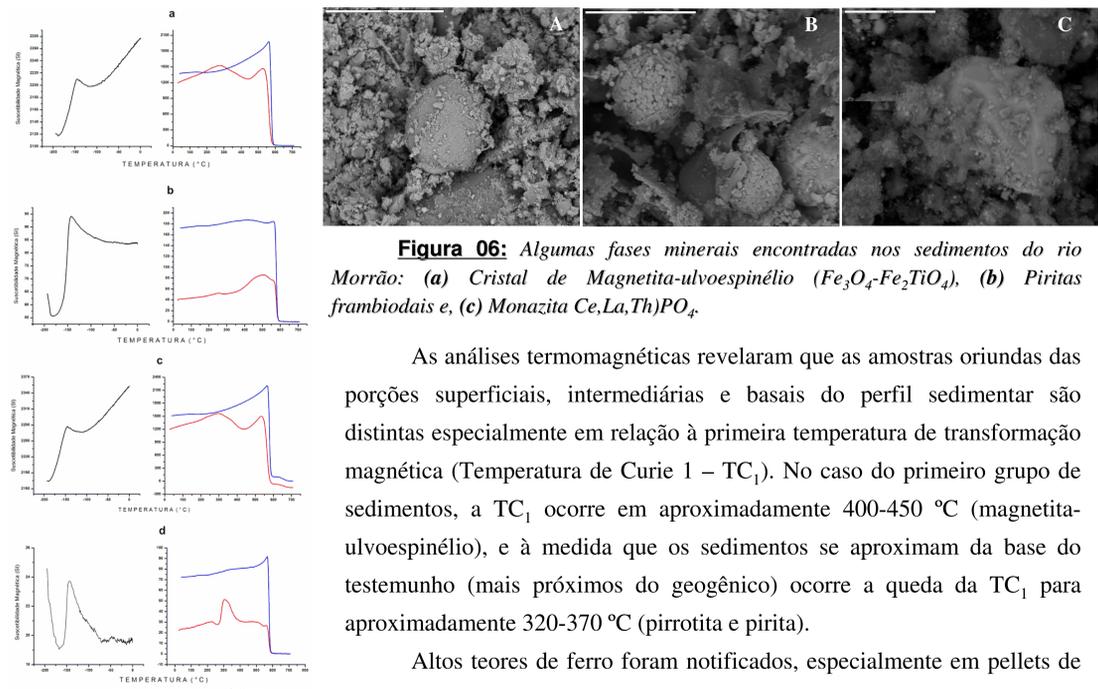


Figura 05: Curvas Termomagnéticas dos sedimentos do rio Morrão.

Figura 06: Algumas fases minerais encontradas nos sedimentos do rio Morrão: (a) Cristal de Magnetita-ulvoespínélio ($Fe_3O_4-Fe_2TiO_4$), (b) Pirritas framboidais e, (c) Monazita $Ce,La,Th)PO_4$.

As análises termomagnéticas revelaram que as amostras oriundas das porções superficiais, intermediárias e basais do perfil sedimentar são distintas especialmente em relação à primeira temperatura de transformação magnética (Temperatura de Curie 1 – TC_1). No caso do primeiro grupo de sedimentos, a TC_1 ocorre em aproximadamente 400-450 °C (magnetita-ulvoespínélio), e à medida que os sedimentos se aproximam da base do testemunho (mais próximos do geogênico) ocorre a queda da TC_1 para aproximadamente 320-370 °C (pirrotita e pirita).

Altos teores de ferro foram notificados, especialmente em pellets de ferro. Adicionalmente, cristais de pirita, de textura framboidal, da ordem de 15-18 μm também são muito comuns.

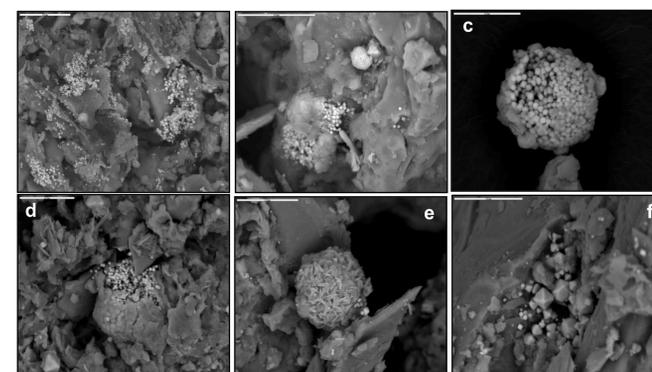


Figura 06: Cristais de pirita framboidal que ocorrem em clusters que posteriormente são envolvidos por uma fina película de sericita/muscovita, e (f) pirritas de hábito octaédrico. Sedimentos do Rio Cubatão.

Os sedimentos superficiais apresentam duas temperaturas de ocorrência de transformação mineralógica: (a) uma muito pequena por volta dos 300-350 °C (TC_1 , pirrotita) e outra (b) em aproximadamente 580-600 °C (TC_2 , magnetita-ulvoespínélio). Conforme se caminha em direção aos sedimentos mais profundos, a TC_1 torna-se cada vez mais definida, em detrimento da TC_2 .

Os sedimentos superficiais e profundos deste rio não apresentaram diferenças substanciais entre si, no que se refere ao tamanho e forma das partículas sedimentares. No entanto, a única diferença constatada foi a menor quantidade de pirita e zircão nos sedimentos do topo do testemunho em relação àqueles da base.

Nos sedimentos superficiais as fases minerais dominantes são argilominerais, quartzo, feldspatos e filossilicatos (muscovita e biotita). Associados a esta porção do testemunho em concentrações subordinadas estão pellets de ferro, que apresentam pequenas concentrações de Ti, sugerindo ulvoespínélio. A estes sedimentos, em menor quantidade, ocorrem cristais de pirita octaédrica (FeS_2) e zircão ($ZrSiO_4$), com dimensões de 0,5-3,0 a 5-10 μm , respectivamente.

- Conclusões -

Conclui-se que os sedimentos das porções superficiais são distintos daqueles das porções mais profundas. As porções superficiais são marcadas por altos valores de susceptibilidade magnética, decorrentes da presença de magnetita-ulvoespínélio (titanomagnetita), especialmente sob a forma de grãos. Nos rios com as maiores taxas de contaminação (especialmente Morrão >> Cubatão), grãos de titanomagnetita ocorrem associados a cristais de pirita (framboidais e octaédricas). Esse fato remete a um ambiente redutor e básico.

Concentrações subordinadas de aluminossilicatos e sulfetos ocorrem em todos os rios estudados. Quase todas as amostras apresentam evidências de sulfetos, especialmente aquelas relacionadas às porções mais profundas dos perfis.