

Monitoramento e Análise da Evolução das Cavas de Areia na Várzea do Rio Paraíba do Sul.

Romero Simi¹
Romeu Simi Junior²
Bernardo Friedrich Theodor Rudorff¹

¹ Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais - INPE
Caixa Postal 515 - 12245-970 - São José dos Campos - SP, Brasil
bernardo@ltid.inpe.br; romerosimi@hotmail.com

² Ministério Público – MPSP
São Paulo - SP, Brasil
romeu@ltid.inpe.br

Abstract. Remote sensing images are a valuable tool to monitor the environmental impacts of the mining activity of sand pits. It has often been used to monitor the sector of the Paraíba do Sul River valley located in São Paulo State. The objective of this study was to evaluate the spatial increase of sand pits mining activity between 2004 and 2008 using cloud free Landsat-5 TM images acquired in April and August of 2008 and a base map carried out in 2004 for comparison. Images were resampled to a 10 x 10 pixel size to improve visual image quality in order to better identify the sand pits during the visual interpretation on the computer screen. The official Environmental Zoning for Mining Activity, elaborated by the São Paulo State Environmental Secretary, was used to evaluate legal and illegal mining activities. The results showed an increase of 30% of the total sand pits size which corresponds to 513 ha. It was also observed that 58.2% of the total explored area of sand pits were located in illegal areas according to the Environmental Zoning for Mining Activity..

Palavra-Chave: Remote Sensing; monitor the environmental; sand pits; Environmental Zoning for Mining Activity

Introdução

O monitoramento da superfície terrestre é de grande importância para a preservação do meio ambiente. Um dos aspectos desta preservação está relacionada com o controle e fiscalização das cavas de areia da várzea do rio Paraíba do Sul no trecho dos municípios legislados pelo zoneamento minerário, que são: Jacareí, São José dos Campos, Caçapava, Taubaté, Tremembé e Pindamonhangaba. As cavas de areia são um passivo ambiental a ser resolvido pelos atores - proprietário e empresários, e pelo estado. Em 2004 foi realizada uma avaliação da situação da distribuição espacial das cavas de areia nestes municípios com base nas imagens do satélite Landsat-5. Esta avaliação foi feita dentro de um convênio de cooperação técnico-científico celebrado entre o INPE e o Ministério Público do Estado de São Paulo. Os resultados desta avaliação não foram publicados e são apresentados neste trabalho para efeito de comparação. O presente trabalho tem por objetivo verificar a situação das cavas de areia no trecho acima mencionado mensurando o aumento da atividade minerária no período de 2004 a 2008 por meio de imagens do satélite Landsat-5 e avaliando a distribuição espacial das cavas de areia do Zoneamento Minerário da Secretaria do Meio Ambiente do Estado de São Paulo. O Zoneamento Minerário tem por base a Resolução SMA 28 de 22 de setembro de 1999. São José dos Campos tem uma legislação específica que proíbe a mineração.

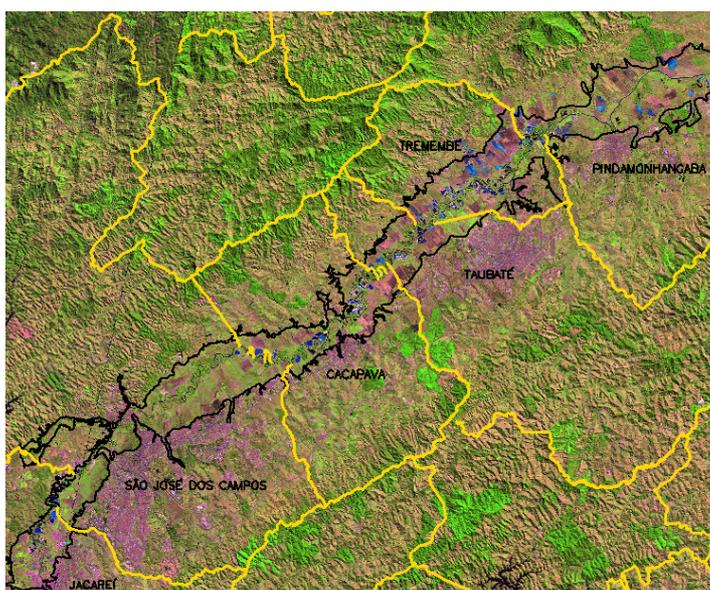


Figura 1 - Trecho da várzea do rio do Paraíba do Sul entre os municípios de Jacaréi e Pindamonhangaba.

Metodologia de trabalho

Utilizou-se do software SPRING (Sistema de Processamento de INformações Geo-referenciadas) desenvolvido pelo INPE que possibilitou a criação de um banco de dados para desenvolver o trabalho de monitoramento das cavas de areia da várzea do Rio Paraíba do Sul.

Foram utilizadas as imagens do sensor TM obtidas pelo satélite de sensoriamento remoto Landsat-5 para a análise e interpretação visual na identificação e mapeamento das cavas de areia. As imagens foram inseridos no banco de dados juntamente com o zoneamento minerário da Secretaria do Meio Ambiente do Estado de São Paulo representando a Resolução SMA 28 de 22 de setembro de 1999 referente ao trecho de Jacaréi a Pindamonhangaba.

Zoneamento Ambiental Minerário

As cartas do Zoneamento Ambiental Minerário do Rio Paraíba do Sul – Trecho Jacaréi Pindamonhangaba, da SMA foram digitalizadas sob formato raster (scannerizadas) e inseridas no banco de dados para a sobreposição e análise da dispersão em que se encontram as áreas mineradas.

As cartas do SMA que foram digitalizadas e georreferenciadas representam 4 zonas do zoneamento minerário que são descritas como:

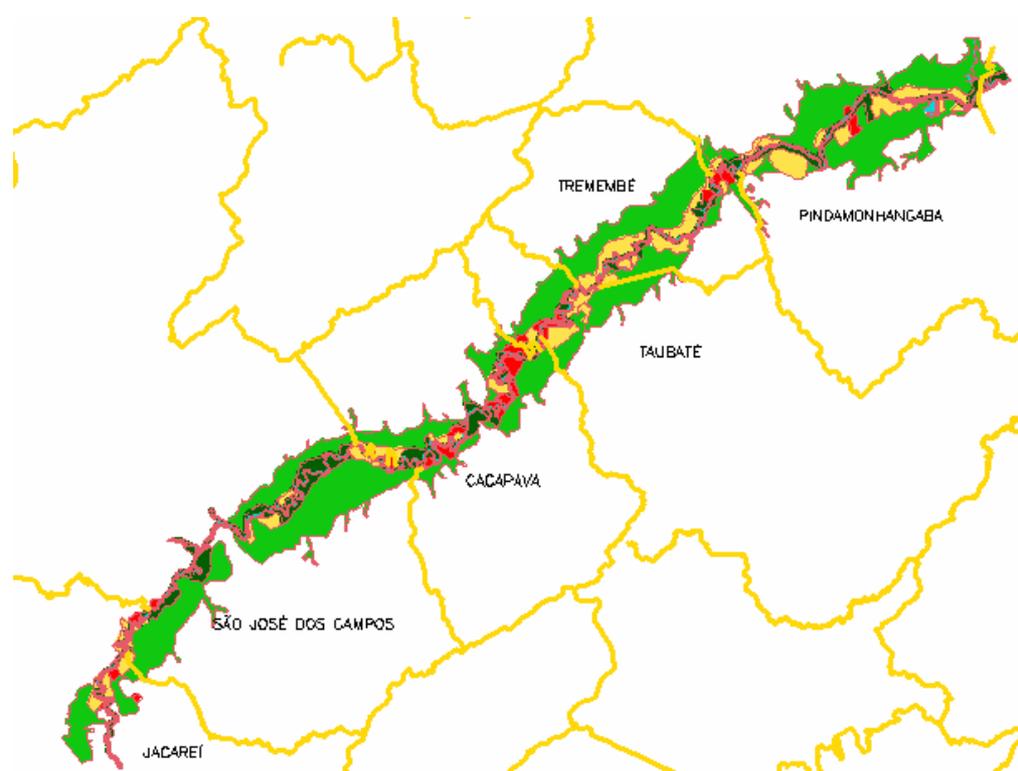
I – Zona de proteção – ZP (verde escuro na Figura 2), que corresponde às faixas de 100 m de ambas as margens do rio Paraíba do Sul, ampliadas onde ocorrem matas remanescentes e vegetação associada aos meandros abandonados. Inclui também áreas de proteção dos pontos de captação de água para abastecimento público e de obras de arte de engenharia;

II – Zona de mineração de areia – ZM (amarelo na Figura 2), onde essa atividade pode se desenvolver, considerando a potencialidade da existência de areia, inexistência de vegetação significativa, existência de *polders* incultos ou não instalados totalmente, inexistência de áreas cultivadas, proximidade com sistema

viário sem interferência nas áreas urbanizadas e distância adequada das obras de arte, de estações de tratamento de esgotos, de pontos de captação de água e áreas urbanizadas

III – Zona de recuperação – ZR (vermelho na Figura 2), onde existem empreendimentos em processo avançado de esgotamento das reservas de areia, com grande número de cavas que inviabilizam a sua ampliação e onde existem empreendimentos desativados ou lindeiros à zona de proteção e áreas urbanas;

IV – Zona de conservação da várzea – ZCV (verde claro na Figura 2), visa proteger e conservar a planície aluvionar, garantindo a permeabilidade dos solos e a não contaminação das águas, mediante usos compatíveis com sua função ecológica.



LEGENDA

	ZR - Zona de Recuperação		ZM - Zona de Mineração
	ZCV - Zona de Conservação de Varzea		ZP - Zona de Proteção

Figura 2 – Zoneamento Mineralário

Interpretação e identificação das minerações

As imagens Landsat-5 sensor TM foram utilizadas nas bandas 3(B), 4(G) e 5(R) para formar composições coloridas. Com isto é possível observar que as cores verdes correspondem às áreas com vegetação. As áreas mais rugosas e escuras são as com mata original, e as de tons de verde mais claro correspondem às pastagens e culturas agrícolas. As cores em tons de vermelho são as áreas sem vegetação, onde se observa claramente o solo exposto preparado para cultivo como também

as áreas dos pátios de manobra e depósito das mineradoras às margens das cavas do rio Paraíba do Sul.

A água apresenta-se tanto em tons escuros quanto claros. Quanto maior for a sua limpidez mais escura é a sua aparência (Figura 3). Quando a água possui muitos sedimentos em suspensão ela apresenta a coloração azul claro (Figura 3). Nota-se que na imagem apresentada na Figura 3 o rio Paraíba do Sul se apresenta com poucos sedimentos em suspensão e com coloração quase preta. O mesmo ocorre também nas represas e lagoas abandonadas decorrentes de mineração já desativadas.



Figura 3 – Característica das cavas de areia representadas na imagem TM do Landsat-5

As cavas com mineração em atividade apresentam-se com alto nível de sedimentos diluídos em suas águas, provocando uma diferença na sua cor tendendo para o azul. Quanto maior e mais intensa a atividade mineraria, maior é a carga de sedimentos e mais clara é a resposta espectral da água, que se apresenta em cor azul claro (Figura 3).

Correção Radiométrica

As imagens do satélite Landsat-5 do ano de 2008 foram introduzidas em um projeto "no projection" e processadas através da função restauração que é uma técnica de correção radiométrica cujo objetivo é corrigir as distorções inseridas pelo sensor óptico no processo de geração das imagens digitais. As bandas através desta função tiveram o pixel de 30 x 30 m restaurado para 10 x 10 m para melhorar a qualidade visual das imagens.

Resultados

As classificação visual permitiu identificar as cavas de areia com e sem a vegetação macrófita. A Figura 4 mostra a situação do município de Taubaté em 2004 (a) em 2008 (b). Na cor vermelha são apresentadas as cavas de areia sem vegetação macrófita e na cor verde escuro são apresentadas as cavas de areia com cobertura de vegetação macrófita que foram observadas somente em 2008 (Figura 4).

A Tabela 1 apresenta os resultados da comparação do mapeamento entre os anos de 2004 e 2008 indicando o aumento do número de cavas de areia no período analisado. Observa-se que houve um aumento de 21 cavas no período e que em 2008 perfazem um total de 276 cavas. O maior aumento do número de cavas foi observado em Tremembé seguido de Taubaté, Pindamonhangaba e Caçapava.

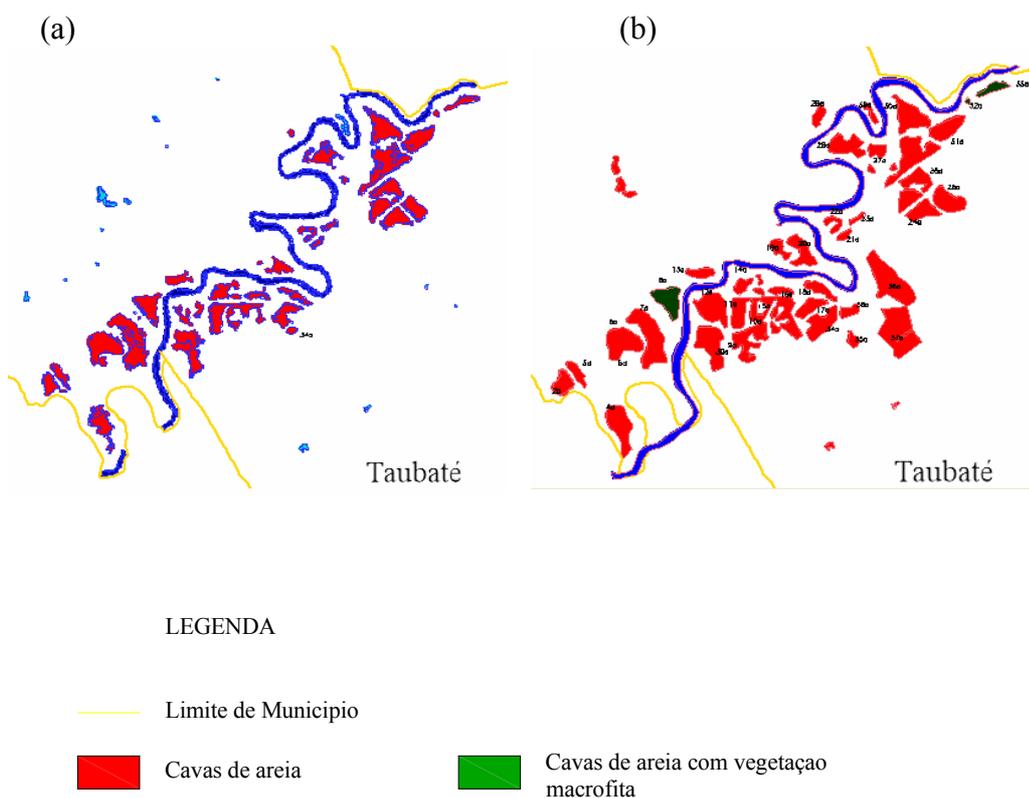


Figura 4 – Situação do município de Taubaté em 2004 (a) em 2008 (b). Na cor vermelha são apresentadas as cavas de areia e na cor verde escuro são apresentadas as cavas de areia com cobertura de vegetação macrófita observadas somente em 2008.

Tabela 1 – Número de cavas de areia em 2004 e em 2008, indicando a diferença absoluta e relativa (%)

Município	2004	2008	Dif. Absoluta	Dif. Relativa
Jacareí	37	38	1	2,7
São José dos Campos	13	13	0	0,0
Caçapava	56	59	3	5,4
Taubaté	33	39	6	18,2
Tremembé	91	98	7	7,7
Pindamonhangaba	25	29	4	16,0
Total	255	276	21	8,2

Pela interpretação visual das imagens Landsat-5 foi possível identificar e avaliar o número aproximado de cavas de areia com e sem atividade de mineração

conforme mostram os resultados apresentados na Tabela 2. O maior número de cavas desativadas se encontra em Tremembé e Jacareí seguido de Caçapava, São José dos Campos, Taubaté e Pindamonhangaba.

Tabela 2 – Classificação das cavas de areia com e sem atividade de mineração

Município	Ativas	Desativadas
Jacareí	10	28
São José dos Campos	0	13
Caçapava	43	16
Taubaté	27	12
Tremembé	60	38
Pindamonhangaba	22	9

A Tabela 3 apresenta o resultado da área superficial das cavas de areia por município para os anos de 2004 e 2008. No total a área superficial das cavas de areia aumentou 30% (514 ha) entre 2004 e 2008. Os maiores aumentos na área das cavas foram observados para Tremembé (153 ha), seguido por Taubaté (120 ha) e Pindamonhangaba (119 ha). Jacareí, Caçapava e São José dos Campos registraram aumentos de 66 ha, 55 ha e 1 ha, respectivamente.

Tabela 3 – medição e comparação das áreas mineradas em 2004 e 2008

Município	2004	2008*	Aumento (%)
Jacareí	2.886.044	3.542.552	23
São José dos Campos	904.222	915.765	1
Caçapava	4.276.630	4.828.630	13
Taubaté	2.142.283	3.343.574	56
Tremembé	5.495.366	7.027.829	28
Pindamonhangaba	1.673.173	2.858.361	71
Total	17.377.718	22.516.711	30

* Imagens de agosto de 2008, exceto para Pindamonhangaba (abril de 2008).

A Tabela 5 apresenta o resultado do monitoramento da evolução das cavas de areia no ano de 2008 com as imagens do Landsat adquiridas nos meses de abril e agosto. O maior aumento na extensão das cavas de areia foi observado para o município de Taubaté (14,5 ha), seguido por Tremembé e Caçapava com aumento de 13,9 ha e 8,7 ha, respectivamente. Os municípios de Jacareí, São José dos Campos e Pindamonhangaba não foram avaliados por falta de imagens livres de nuvens neste dois períodos..

Tabela 5 – Avaliação das cavas de areia para o período de abril a agosto de 2008

Município	Abril (a)	Agosto (b)	Diferença (a-b)	Aumento (%)
Jacareí	-	3.542.552	-	-
São José dos Campos	-	915.765	-	-
Caçapava	4.741.647	4.828.630	86.983	1,8
Taubaté	3.197.968	3.343.574	145.606	4,6
Tremembé	6.888.643	7.027.829	139.186	2,0
Pindamonhangaba	2.858.361	-	-	-

O Zoneamento Minerário é a base para a sobreposição das cavas de areia digitalizadas, demonstrando visualmente a dispersão e localização das cavas de areia sobre o território delimitado na Resolução SMA 28 de 22 de setembro de 1999.

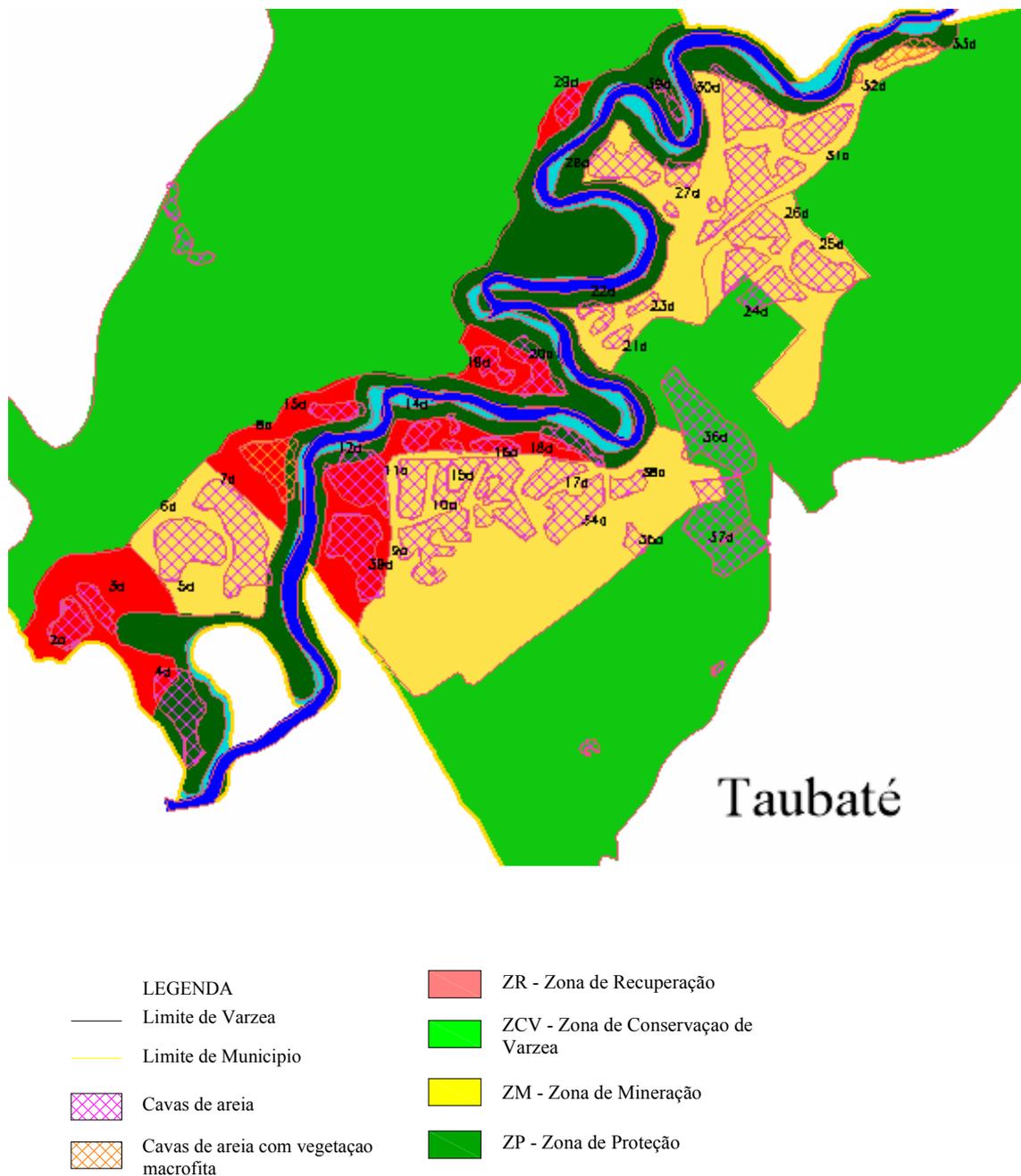


Figura 5 – Distribuição espacial das cavas de areia sobre o Zoneamento Minerário no município de Taubaté.

A Tabela 6 apresenta o resultado da avaliação da localização em que os agentes minerários extraem a areia da várzea do rio Paraíba do Sul no trecho de Jacareí a Pindamonhangaba. Esta análise permite concluir que das 276 cavas, 121 estão em zonas ou áreas permitidas para a mineração. Tremembé possui o maior número de cavas que se deve provavelmente à pouca profundidade das cavas, que ficam

em torno dos 8 m, quando comparado com outros municípios onde a profundidade das cavas está em torno 25 a 28 m. Os dois municípios que apresentaram maior descontrole sobre a atividade minerária são: Caçapava com 41 cavas de areia em zonas proibidas para a extração de areia e apenas 18 cavas em zonas de mineração; e Tremembé com 38 cavas fora de zona de mineração e 60 cavas em zonas de mineração. O resultado apresentado na Tabela 6 também mostra que 147 cavas estão em áreas ilegais para a extração de areia (ZP, ZR e ZVC) representando 58,2% do total do número de cavas.

Tabela 6 – Número de cavas de areia sobre as diferentes zonas do Zoneamento Minerário: zona de mineração (ZM), zona de proteção (ZP) e zona de conservação da várzea (ZCV).

Município	ZM	ZP	ZR	ZCV
Jacareí	13	11	11	3
São José dos Campos	4	4	4	0
Caçapava	18	14	25	2
Taubaté	19	6	11	3
Tremembé	60	21	6	11
Pindamonhangaba	7	13	0	5
Total de cavas (%)	121 (43,8%)	69 (25,0%)	57 (20,6%)	21 (7,6%)

Referência Bibliográfica

CÂMARA, G.; SOUZA, R. C. M.; FREITAS, U. M.; GARRIDO, J. C. P. SPRING: Integrating Remote Sensing and GIS with Object-Oriented Data Modelling. Computers and Graphics, v.15, n.6, p.13-22, July 1996.

INPE - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais - Coordenação Geral de Observação da Terra (OBT-DSR). Análise temporal da mineração na Várzea do Rio Paraíba do Sul -SP no período entre os anos de 1986 e 2002.

NOGUEIRA, S.A.A., TEIXEIRA, A.L., MONTANHEIRO, T.J., SHIMADA, H., NEGRI, F.A. O zoneamento ambiental minerário da extração de areia no vale do Rio Paraíba do Sul, São Paulo, Brasil. In: CONGRESSO LATINO-AMERICANO DE GEOLOGIA, 11. Actas... Montevideu, 2001. Montevideo, DINAMIGE/SUG, Trabalho n.158, 4p. (Edição eletrônica).

REIS, B. J. **Avaliação da expansão da atividade de extração de areia na planície aluvial da bacia hidrográfica do Rio Paraíba do Sul no trecho entre Jacareí e Pindamonhangaba no período de 1993 a 2003.** Dissertação de Mestrado em Ciências Ambientais. Universidade de Taubaté. 112 p. 2005.

REIS, B. J.; BATISTA, G. T.; TARGA, M. S.; CATELANI, C. S. **Influência das cavas de extração de areia no balanço hídrico do vale do Paraíba do Sul.** Rev. Escola de Minas ; Ano 2006, vol.59, no.4, Ouro Preto Oct.