

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ

**ESPECIALIZAÇÃO EM LAVRA E
TECNOLOGIA MINERAL**

**A REPOSIÇÃO DE AREIA DURANTE ATIVIDADES
MINERÁRIAS EM UM TRCHO DO RIO PARAÍBA DO
SUL, EM TREMEMBÉ, ESTADO DE SÃO PAULO:
UM ESTUDO DE CASO**

BRUNO DANIEL LENHARE

Pólo Rio Claro – SP
2012

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	7
2. OBJETIVOS.....	8
3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	8
3.1. Aspectos físicos	8
3.1.1. <i>Localização e acessos</i>	8
3.1.2. <i>Geomorfologia</i>	9
3.1.3. <i>Geologia</i>	11
3.1.4. <i>Hidrologia</i>	15
3.1.5. <i>Clima</i>	17
3.2. A exploração de areia no Vale do Paraíba.....	17
3.3. Impactos ambientais oriundos da exploração de areia em leito de rio	18
4. MATERIAIS E MÉTODOS.....	20
4.1. Materiais	20
4.2. Métodos	20
5. RESULTADOS	21
5.1. Caracterização da substância lavrada.....	21
5.2. Regime pluviométrico.....	22
5.3. Avaliação da reposição da areia através de seções transversais	23
6. CONCLUSÃO	30
7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	31

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 – Geomorfologia da região do Vale do Paraíba em seu trecho paulista. Destaque para o Gráben do Paraíba. Fonte: Carvalho et al (2011).	10
Figura 2 - Mapa geológico do trecho paulista do Vale do Paraíba. Fonte: modificado de Cruz (2011).	12
Figura 3 - Coluna estratigráfica das bacias do Vale do Paraíba. Letras: p- leques aluviais proximais; m-d – leques aluviais medianos a distais associados à planície aluvial de rios entrelaçados; t- depósitos de tálus; c- depósitos colúviais; ca- depósitos colúvio-aluviais; a- depósitos aluviais. Fontes: modificado de Riccomini (1989), Mancini (1995), Salvador & Riccomini (1995), Riccomini et al. (1996) em Riccomini et al. (2004).	13
Figura 4 - Localização da Bacia do Rio Paraíba do Sul. Fonte: CBH-PS (2011). . .	16
Figura 5 - Amostras de areia retirada a partir de dragagem no Rio Paraíba do Sul. A descrição de cada amostra está mostrada na Tabela 1.....	21
Figura 6 – Médias pluviométricas mensais entre 2007 e 2011. Fonte: CPA – Unicamp (2011).....	23

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1 – Descrição das amostras de areia, após lavagem, coletadas em diferentes pontos no trecho pesquisado do Rio Paraíba do Sul.....	22
Tabela 2 – Dados de batimetria levantados durante o verão de 2010.....	24
Tabela 3 - Dados de batimetria levantados durante o inverno de 2010.....	24
Tabela 4 - Dados de batimetria levantados durante o verão de 2011.....	25
Tabela 5 - Dados de batimetria levantados durante o inverno de 2011.....	25
Tabela 6 – Variação da espessura média de sedimentos durante o período de monitoramento do trecho pesquisado.....	26
Tabela 7 - Tempo de reposição de material em cada trecho observado.....	28

A reposição de areia durante atividades minerárias em um trecho do Rio Paraíba do Sul, em Tremembé, estado de São Paulo: um estudo de caso.

Autor: Bruno Daniel Lenhare

Orientador: MSc. Eng^o Rafael Ivens da Silva Bueno

RESUMO

O Vale do Paraíba, interior do estado de São Paulo, há muitos anos sofre com intervenções antrópicas oriundas de agricultura, mas principalmente da mineração. A instalação de empreendimentos minerários, vem aumentando a cada ano, favorecidos pelo acelerado crescimento econômico que o país atravessa nos últimos anos. A exploração de areia para uso imediato na construção civil, principalmente na calha do Rio Paraíba do Sul, tem afetado consideravelmente o fluxo hidráulico do mesmo. Embora a mineração proporcione o desassoreamento da calha fluvial, a escassez de estudos preliminares básicos e sem monitoramento tem gerado diversos conflitos, motivando a avaliação dos impactos ambientais decorrentes da extração de areia. O presente estudo almejou avaliar a interferência da atividade mineira na dinâmica fluvial de um determinado trecho do Rio Paraíba do Sul, no município de Tremembé. A análise se deu por meio de seções transversais ao um trecho do rio englobado por três portos de areia, onde foi verificada expressiva disponibilidade de sedimentos, com rápidas reposições das áreas em atividade. Dessa maneira a qualidade ambiental no trecho estudado do Rio Paraíba do Sul encontra-se seriamente comprometida em função dos desequilíbrios causados pelas ações antrópicas, como a mineração e atividades agropastoris. A realização de estudos prévios básicos e formas de exploração sustentável podem atenuar os impactos ambientais neste rio, cuja qualidade se encontra bastante comprometida.

Palavras-chave: Exploração de areia, impactos ambientais, Rio Paraíba do Sul.

Sand reposition during mining activities in a stretch of Paraíba do Sul River, at Tremembé, São Paulo state: a study of case

Author: Bruno Daniel Lenhare

Adviser: MSc. Eng^o Rafael Ivens da Silva Bueno

ABSTRACT

The Paraíba Valley, in the state of Sao Paulo, has been suffered during the past decades with human interventions derived from agriculture, but mainly mining. The installation of mining ventures is increasing every year, favored by the rapid economic growth that Brazil faced in recent years. The extraction of sand for immediate use in construction, especially in the Rio Paraiba do Sul river waterway, has considerably affected the hydraulic flow of it. While mining provides the dredging of the river-bed, the scarcity of basic preliminary studies and without monitoring has generated many conflicts, resulting in the assessment of environmental impacts of sand extraction. The present study aimed to evaluate the influence of mining activities in the river dynamics of a certain portion of the Paraiba do Sul River, at the city of Tremembé. They were analyzed through cross sections to one section of the river enclosed in three ports of sand, where it was detected significant availability of sediment, with rapid replacement of the active areas. Thus the environmental quality in the studied stretch of the Paraíba do Sul River is seriously compromised in terms of unbalances caused by human activities such as mining and agro-pastoral activities. The previous studies and basic forms of sustainable exploitation can mitigate the environmental impacts on this river, whose quality is significantly compromised.

Key-words: Sand explotation. Environmental impact. Paraíba do Sul River.

1. INTRODUÇÃO

A mineração é uma das atividades antrópicas que mais contribui para a alteração da superfície terrestre, provocando impactos sobre o solo, a água e o ar (particulados em suspensão). Portanto, todas as fases do processo minerário devem ser planejadas e executadas segundo as normas ambientais existentes no país, com objetivo de mitigar os impactos causados durante a extração e após o término das atividades.

A extração de areia em calhas de rio é tida como uma grande vilã do meio ambiente em função dos desequilíbrios oriundos desta atividade mineira. Um dos impactos mais significativos desta atividade é a redefinição do curso do rio, seja pela retirada ou adição de materiais, causando mudança no padrão de fluxo, transporte de sedimentos, geometria do canal, elevação do leito, estabilidade do substrato, turbidez, vazão e temperatura (KONDOLF 1994, BROWN ET AL 1998, BATALLA 2003, LANGER & GLANZMAN 2003).

As modificações nas condições do canal de um rio são propagadas à montante, jusante e lateralmente, impactando ecossistemas (principalmente o aquático) que dependem do equilíbrio da dinâmica fluvial. As calhas dos rios estão em constantes transformações, respondendo rapidamente aos estímulos externos, em especial a extração de areia.

Apesar dos impactos gerados na dinâmica fluvial e ecossistemas dependentes, esta atividade pode ser conduzida de maneira harmônica e sustentável com o ambiente ao entorno, respeitando as condições naturais do regime hidráulico e as práticas apropriadas (KONDOLF, 1997, LANGER & GLANZMAN 2003).

No trecho paulista do Vale do Paraíba, a areia é explorada há décadas, principalmente para abastecimento da construção civil, causando impactos ambientais, por vezes irreversíveis, no curso do rio. O estado de São Paulo configura como o maior produtor nacional de areia, com uma produção de 76 milhões toneladas anuais, enquanto a cidade de Tremembé conta com uma produção de quase 12 milhões toneladas (DNPM, 2010, SINDAREIA). O presente

estudo e respectivos levantamentos ocorrem entre os anos de 2010 e 2011, em estudo de caso envolvendo três empreendimentos minerários. A localização exata do estudo e determinados valores obtidos não serão divulgados em respeito ao sigilo empresarial imposto pelos empreendimentos abarcados.

2. OBJETIVOS

O objetivo do presente trabalho foi avaliar os impactos provenientes da exploração de areia em um trecho do Rio Paraíba do Sul, principalmente em sua dinâmica fluvial, no município de Tremembé, estado de São Paulo. Após a identificação dos impactos, foi procurado sugerir medidas que possam atenuar os mesmos na área estudada. Foram monitorados três empreendimentos minerários durante o período de dois anos (2010 e 2011).

3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1. Aspectos físicos

3.1.1. Localização e acessos

A área de estudo está localizada no município de Tremembé, estado São Paulo. O acesso até a cidade de Tremembé, a partir da capital paulista pode ser feita pela Rodovia Presidente Dutra (BR-116), seguindo por esta até o entroncamento desta com a Rodovia Floriano Rodrigues Pinheiro (SP-123), no município de Taubaté. A partir deste trevo, percorre-se aproximadamente 22 km até acessar a cidade de Tremembé. A partir desta cidade existem diversos acessos até o Rio Paraíba do Sul. A localização exata do local de estudo não será mostrada neste trabalho por motivos de sigilo empresarial, como já explicado anteriormente.

3.1.2. Geomorfologia

O município de Tremembé está localizado no domínio geomorfológico do Planalto Atlântico, que se é subdividido em três níveis: os planaltos e suas encostas (serras), os "mares de morros" cristalinos e as planícies sedimentares, onde está situado o Rio Paraíba do Sul (IPT, 1981).

A região do Médio Vale do Paraíba, em seu trecho paulista, está desenvolvida no Gráben do Paraíba (vale de afundamento), entre os municípios de Jacareí e Cachoeira Paulista (Figura 1). Esta feição é limitada a NW pela Serra da Mantiqueira, cujas altitudes superam os 2.000 metros no Planalto de Campos do Jordão e SE pelo Sistema Quebra Cangalha e Bocaina, com altitudes entre 800 e 1.000 metros (CRUZ, 2011).

Entre estas feições está a Bacia Sedimentar de Taubaté, que constitui uma faixa alongada, com largura aproximadamente constante de 25 km, formada por Colinas Terciárias nas bordas (RICCOMINI, 1989). As colinas são no geral amplas, de encostas suavemente inclinadas e topos arredondados e, por vezes, achatados. Elas se elevam a 600-650 m e possuem suaves vales abertos. Na meia encosta, de 12 a 20 m acima do nível das várzeas, aparecem restos de um terraço denominado Nível de Caçapava (CARVALHO ET AL 2011).

Nas extremidades sudoeste da Bacia Sedimentar de Taubaté até Jacareí, as colinas mais elevadas se assemelham às elevações do cristalino próximo. De São José dos Campos à Pindamonhangaba, as colinas são mais extensas e suaves, com os altos representando possivelmente o nível superior da sedimentação.

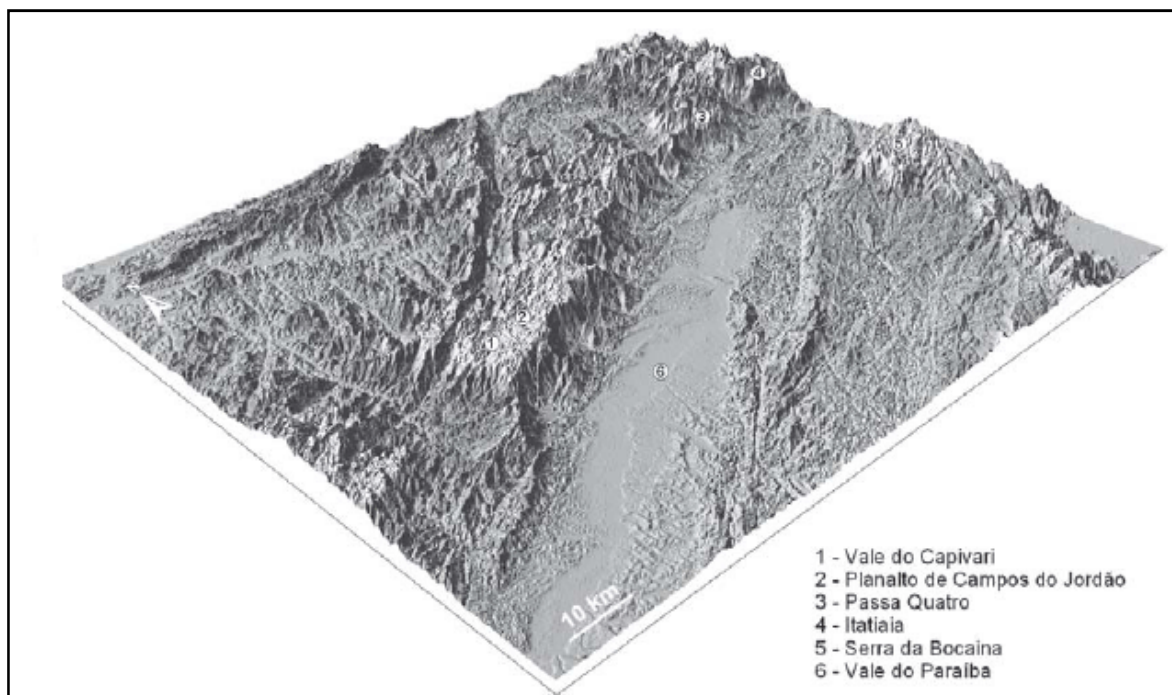


Figura 1 – Geomorfologia da região do Vale do Paraíba em seu trecho paulista. Destaque para o Gráben do Paraíba. Fonte: Carvalho et al (2011).

De Pindamonhangaba à Cruzeiro, as colinas são muito suavizadas, apresentando aspecto de terraço (CRUZ 2011). A Bacia é emoldurada pelos Morros Cristalinos, que representam um relevo de transição para as serras e planaltos. As elevações têm perfis suavizados e altitudes em torno de 700m localmente, alcançando 1.000m.

As várzeas do Paraíba do Sul são bordejadas por terraços de 2 a 8 m acima do nível da planície de inundação, sustentados por cascalhos e areia. Representam antigos níveis de agravação reentalhados pelo rio, denominados (AB'SABER 1977) Terraços de Várzea, ou, mais comumente, Várzea Quaternária Fluvial do rio Paraíba, uma vez que existem Terraços Terciários que bordejam esta Várzea. O Rio Paraíba do Sul adentra a Bacia na região de Jacareí e tende a se aproximar da sua borda Norte até a região de Pindamonhangaba, a partir de onde a tendência se inverte, passando a flanquear a borda Sul (CRUZ 2011).

A várzea abriga o leito e os meandros abandonados alagadiços ou secos (drenados), assim como planícies de inundação, tanto no médio Paraíba do Sul como em seus afluentes (CARVALHO 2011).

3.1.3. Geologia

O Vale do Paraíba está inserido no contexto do *Rift* Continental do Sudeste do Brasil (RCSB), que constitui importante feição geomorfológica que originou o Gráben do Paraíba, onde está instalada a Bacia de Taubaté (RICCOMINI 1989) (Figura 2).

Regionalmente a Bacia de Taubaté faz parte de um conjunto de bacias pertencentes ao RCSB (RICCOMINI 1989). Esta bacia está posicionada sobre rochas do Embasamento Cristalino pertencente ao Cinturão de Dobramentos da Faixa Ribeira, com evolução complexa de idades que variam desde o Arqueano até Proterozóico Superior (IPT 1981, HASUI et al 1975, HASUI & PONÇANO 1978).

A Bacia de Taubaté constitui-se numa bacia do tipo *rift*, apresentando uma sedimentação tipicamente continental. A sedimentação é sintectônica, com depósitos sedimentares de granulometria grossa nas bordas falhadas da bacia, além de depósitos arenosos e argilosos, na parte central da bacia, ligados a ambientes de sedimentação fluvio-lacustres (APPI ET AL., 1986; CHANG ET AL., 1989; RICCOMINI, 1989). A estruturação interna da bacia é caracterizada por grábens assimétricos, limitados por falhas e que, ao longo da bacia, mudam de vergência formando um padrão alternado (FERNANDES, 1993).

Riccomini (1989) analisou as estruturas tectônicas e suas relações estratigráficas com o preenchimento sedimentar, elaborando um modelo tectônico para o segmento central do RCSB. Este autor conclui que a formação da depressão original do rifte teria ocorrido no Paleógeno, sob a ação de um campo de esforços distensivos, de direção NNW-SSE, causador da reativação, como falhas normais, de antigas zonas de cisalhamento proterozoicas de direção NE a ENE.

Dessa maneira, o arcabouço geológico da região de estudo está subdividido em três compartimentos: Embasamento Cristalino (Pré-Cambriano), rochas sedimentares terciárias da Bacia de Taubaté e coberturas aluvionares recentes (Figura 3).

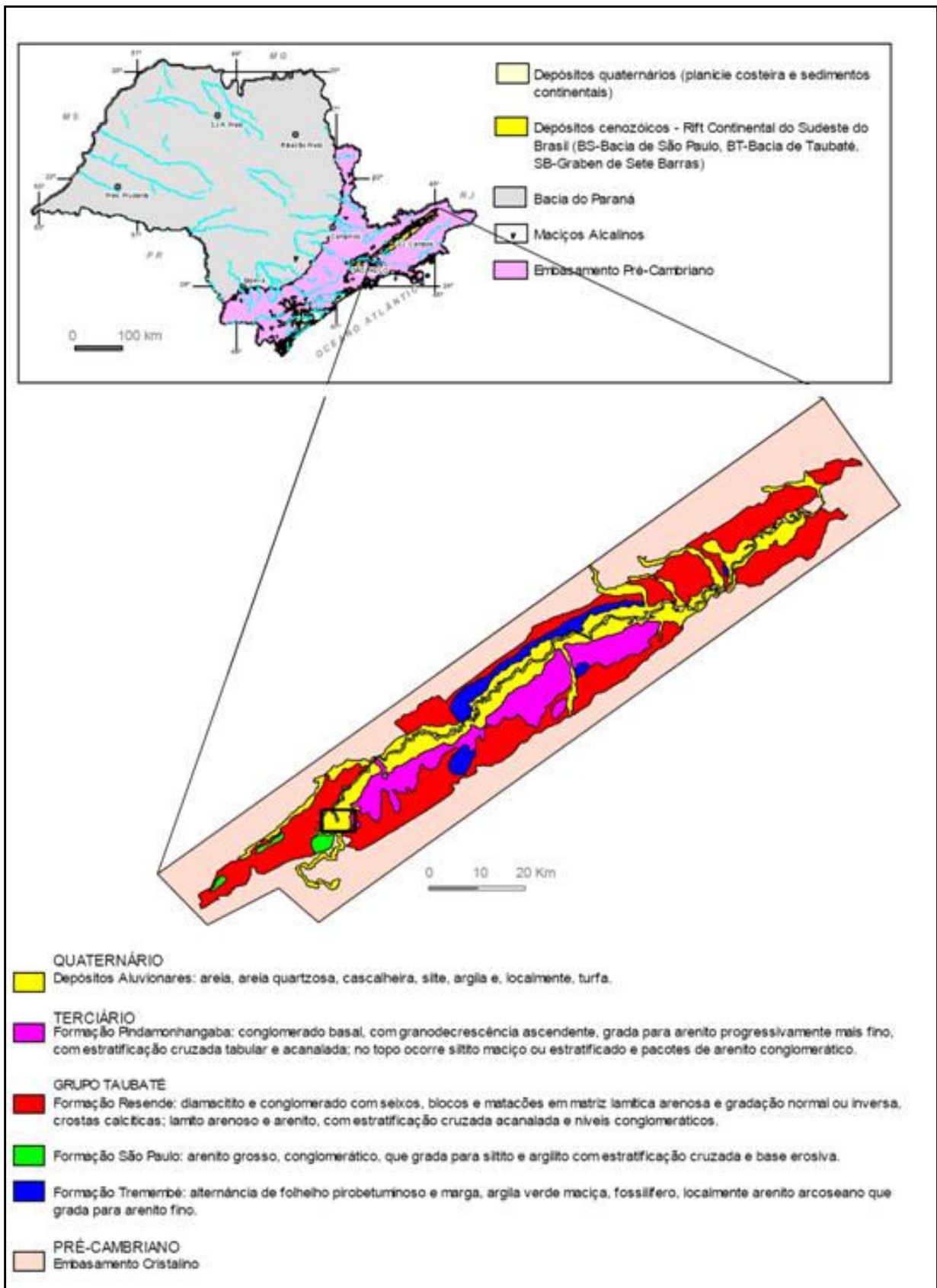


Figura 2 - Mapa geológico do trecho paulista do Vale do Paraíba. Fonte: modificado de Cruz (2011).

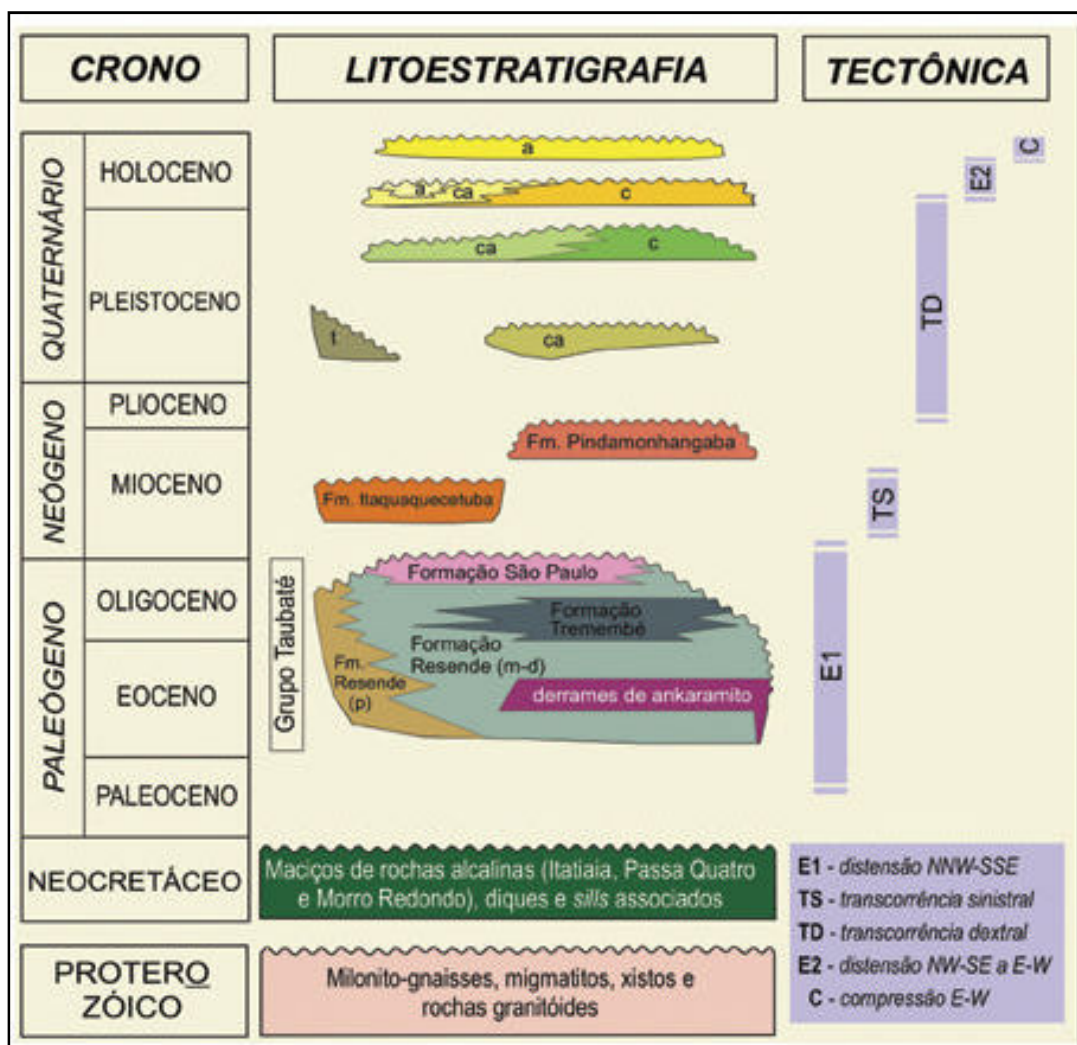


Figura 3 - Coluna estratigráfica das bacias do Vale do Paraíba. Letras: p- leques aluviais proximais; m-d – leques aluviais medianos a distais associados à planície aluvial de rios entrelaçados; t- depósitos de tálus; c- depósitos colúviais; ca- depósitos colúvio-aluviais; a- depósitos aluviais. Fontes: modificado de Riccomini (1989), Mancini (1995), Salvador & Riccomini (1995), Riccomini et al. (1996) em Riccomini et al. (2004).

3.1.3.1. Rochas do Embasamento Cristalino

A Bacia de Taubaté foi depositada sobre rochas do embasamento cristalino pré-cambriano da região do RCSB, composto por milonitos, gnaisses, blastomilonitos, milonito-gnaisses, gnaisses bandados, gnaisses graníticos, xistos, quartzitos, anfibolitos, granitos, pegmatitos, aplitos e migmatitos com estruturas variadas (CPRM 2008). Rochas alcalinas, diques e soleiras mesozoicas também ocorrem nos arredores da Bacia de Taubaté (CRUZ 2011). Essas rochas

dispõem-se em grandes blocos, separados por falhas transcorrentes de idade neo-proterozóica até o cambro-ordoviciano. Esses blocos agrupam-se em unidades maiores, denominadas compartimentos, que possuem características estratigráficas e estruturais próprias (PENHA 2005).

3.1.3.2. Sedimentos terciários da Bacia de Taubaté

O Vale do Rio Paraíba do Sul esta desenvolve-se em um corredor praticamente retilíneo, com direção NE-SW, sendo preenchido por sedimentos terciários pertencentes a diversas unidades litoestratigráficas: Formação Resende, Formação Tremembé, Formação São Paulo, Formação Itaquaquetuba e Formação Pindamonhangaba (RICCOMINI 1989, PENHA 2005, DNPM 2008, CRUZ 2011).

A Formação Resende (Oligoceno) compreende paraconglomerados, lamitos arenosos, areias de granulometria variando entre média e grossa com níveis conglomeráticos, correspondentes às fácies de borda de bacia, depositadas em sistema de leques aluviais associados a planícies de rios entrelaçados (RICCOMINI 1989, CRUZ 2011).

A Formação Tremembé se apresenta como uma transição gradual da Formação Resende, com um sistema lacustre substituindo leques aluviais. Esta formação é constituída por argilas verdes maciças intercaladas com calcários dolomíticos, folhelhos, margas e arenitos (CRUZ 2011).

A Formação São Paulo compreende depósitos fluviais em um sistema meandrante, composta por arenitos grossos a conglomeráticos, com estratificação cruzada, além de siltitos e argilitos laminados (VIDAL & CHANG 2004).

As formações Itaquaquetuba e Pindamonhangaba foram depositadas no Neoterciário, sobrepostos aos sedimentos da Bacia de Taubaté. Estas formações compreendem arenitos grossos, arenitos arcoseanos e conglomeráticos, seguidos por arenitos argilosos, siltitos e argilitos (VIDAL & CHANG 2004, CRUZ 2011).

3.1.3.3. Sedimentos aluvionares recentes

Recobrimo as unidades litoestratigráficas descritas acima, ocorrem os depósitos sedimentares recentes de origem aluvionar. Depósitos de tálus com seixos e blocos de rochas alcalinas com lamosa, além de antigos terraços do Rio Paraíba do Sul, depósitos colúvio-aluvionares com argilas mal selecionadas, são datados do Pleistoceno.

Durante o Holoceno são reconhecidos depósitos coluviais e aluviais, com areias argilosas com grânulos e linha de seixos na base. No topo da coluna são identificados depósitos aluviais em terraços baixos e várzeas, com depósitos inconsolidados de areia médias e grossas, siltes e argilas, além de matéria orgânica (turfa) (RICCOMINI 1989, VIDAL & CHANG 2004).

Localmente, na área de estudo compreende os sedimentos inconsolidados quaternários depositados no leito do Rio Paraíba do Sul, contudo nas adjacências ocorrem as formações Resende e Tremembé.

3.1.4. Hidrologia

A bacia hidrográfica do Rio Paraíba do Sul está situada entre as latitudes 20°26' e 23°39' Sul e as longitudes de 41° e 46°30' Oeste, possuindo uma área de aproximadamente 55.500 km², distribuída por três estados: São Paulo, Minas Gerais e Rio de Janeiro. Ocupa uma área de 62.500 km², cuja área de drenagem no estado de São Paulo é de 14.396 km², abrangendo grande parte do sudeste do Planalto Atlântico.

Esta bacia encontra-se em território quase completamente antrópico, com a Mata Atlântica original restrita a parques e reservas florestais. O próprio rio tem seu curso marcado por sucessivas represas, destinadas à provisão de água e eletricidade para as populações vizinhas, incluindo as cidades do Vale do Paraíba e a Região Metropolitana do Rio de Janeiro (Figura 4). Ele encontra-se hoje em estado ecológico crítico, com margens assoreadas e 40% da sua vazão desviada para o rio Guandu após atravessar a divisa de São Paulo com o Rio de Janeiro.

Suas águas também são utilizadas para abastecimento industrial e disposição final de esgotos.

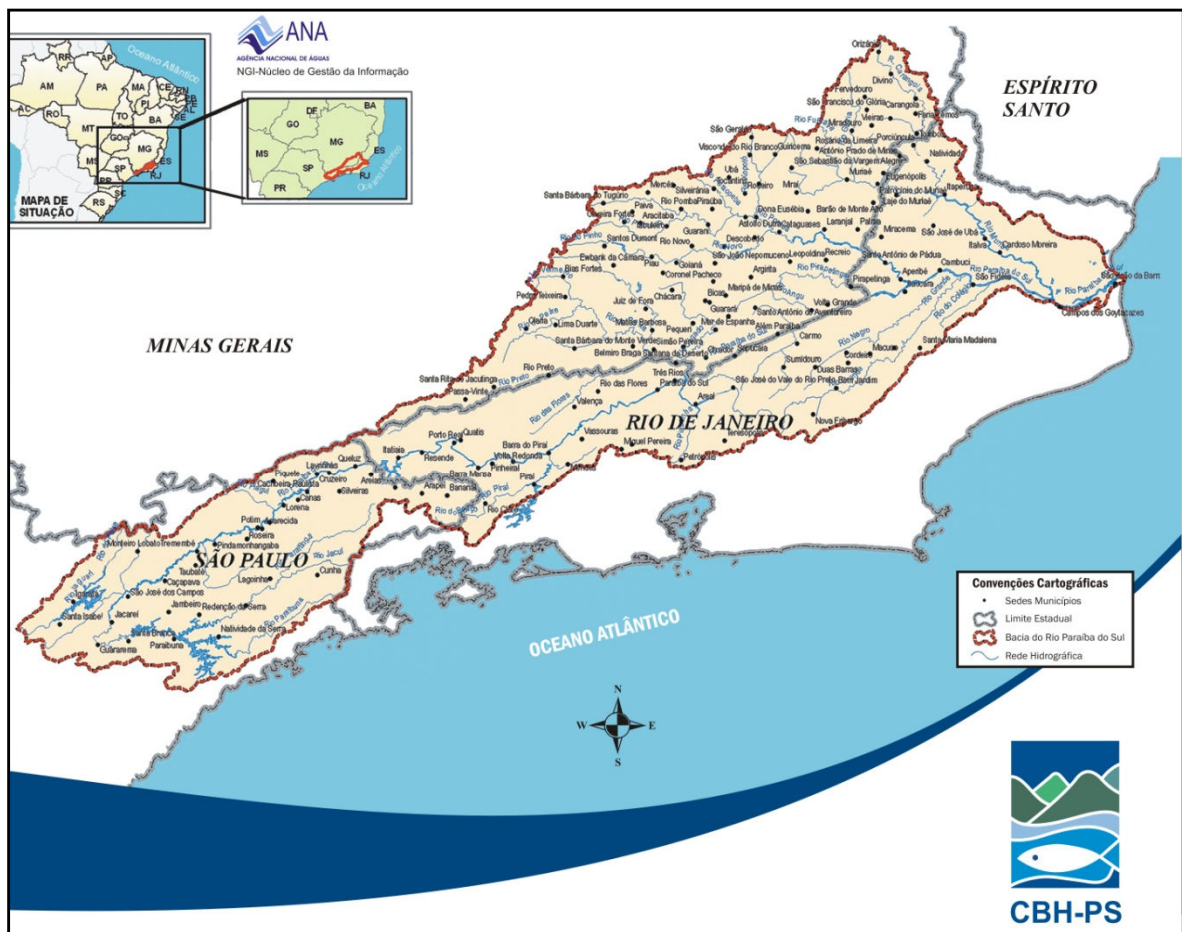


Figura 4 - Localização da Bacia do Rio Paraíba do Sul. Fonte: CBH-PS (2011).

Considerando sua nascente mais afastada da foz, o rio Paraíba do Sul nasce na Serra da Bocaina, no Estado de São Paulo, com o nome de rio Paraitinga, recebendo o nome rio Paraíba do Sul na confluência com o Paraibuna, na Represa de Paraibuna. Perfaz um percurso total de 1.137 km, desde a nascente do Rio Paraitinga até a foz em Atafona (São João da Barra), no Norte Fluminense.

Os principais afluentes do Rio Paraíba do Sul são o Jaguari, o Buquira, o Paraibuna, o Piabanha, o Pomba e o Muriaé. Esses dois últimos são os maiores e deságuam, respectivamente, a 140 e a 50 quilômetros da foz.

O nível do lençol freático nas várzeas locais é bastante superficial, ocorrendo desde trechos em que praticamente aflora até locais onde se situa a

aproximadamente 3,0 m de profundidade. Nas colinas e tabuleiros no entorno da várzea esta profundidade pode chegar a mais de 10,0 m.

3.1.5. Clima

O médio Vale do Paraíba possui, segundo Koppen, clima Cwa Mesotérmico, ou seja, do tipo subtropical, com verões quentes e chuvosos. A temperatura média anual é de 20,5°C, segundo a Estação Meteorológica do Campo de Pesquisas Hidroagrícolas do DAEE "Eng. Antonio Greff Borba". As médias pluviométricas para o período de 1962 a 1990 foram de 1.314,00mm anuais. Os meses secos, de abril a setembro, possuem pluviosidade média mensal inferior a 100 mm, com mínimo de 25,8 mm em julho, e nos meses chuvosos, de outubro a março, esta varia de 100 a 210 mm, com um máximo de 200 mm em dezembro. A insolação diária média é de 5,3 horas. Os ventos normais têm direção WSW (ventos alísios condicionados pelas Serras). Os ventos fortes no local do empreendimento possuem direção geral NE, direção esta coincidente com a das principais chuvas.

3.2. A exploração de areia no Vale do Paraíba

Devido ao baixo valor econômico areia, as áreas de exploração devem estar próximas aos centros consumidores. No Vale do rio Paraíba do Sul, essa atividade abrange os municípios de Jacareí, Caçapava, Taubaté, Tremembé e Pindamonhangaba. Essa exploração é praticada tanto no leito do rio Paraíba do Sul como em suas planícies e, em menor proporção, nos sedimentos paleógenos.

A areia vem sendo extraída ativamente nos últimos 50 anos, na região do Vale do Paraíba (SMA, 1996). Nos municípios de Caçapava, Taubaté, Tremembé e Pindamonhangaba, a exploração ocorre ao longo do rio Paraíba do Sul, enquanto que nos sedimentos terciários restringe-se basicamente ao município de Jacareí (DNPM, 2008).

O mercado consumidor de areia está concentrado principalmente na Região Metropolitana de São Paulo, seguido do próprio Vale do Paraíba. Praticamente toda a produção de areia na Bacia do Vale do Paraíba está voltada para o mercado da construção civil (SINDAREIA 2011).

Nos 12 municípios abarcados pela região de interesse existem 1.163 processos vigentes, 60% são para areia. As concessões de lavra ou licenciamento chegam superam 180 empreendimentos, sendo que 80% é para areia (DNPM 2011). Os municípios de Jacareí, Taubaté e Tremembé são os que mais concentram processos na fase de concessão de lavra.

A produção de areia na região é atualmente superior a 600.000 metros cúbicos mensais, quando na década de 1980 este número era superior a 1.500.000 metros cúbicos segundo informações verbais de mineradores da região. A queda na produção se deve a diversos fatores como exaustão das reservas de Jacareí, aumento da produção de areia na região metropolitana de São Paulo, criação do Zoneamento Minerário da Bacia do Paraíba do Sul, restrições para o licenciamento de novas áreas, além de maiores exigências e controle de órgãos ambientais (CRUZ 2011, RAMPANELLI 2011).

3.3. Impactos ambientais oriundos da exploração de areia em leito de rio

Para Christofolletti (1908), a deposição da carga detrítica carregada pelos rios ocorre quando há diminuição da competência ou da capacidade fluvial. Segundo aquele autor, a diminuição pode ser causada pela redução da declividade, redução do volume de água ou mesmo pelo tamanho da carga detrítica. A dinâmica do fluxo, os mecanismos de transporte e os processos morfogenéticos atuantes no curso de um rio só agem quando possuem força suficiente para ultrapassar esta resistência. Assim as irregularidades em um canal estão intrinsecamente relacionadas com o fluxo da água e a movimentação dos sedimentos.

As atividades de extração de material em leito de rio causam modificações diretas no canal fluvial, como alteração da geometria do leito, o que pode abalar a estabilização das margens, atenuação de enchentes, alteração da seção transversal e perfil longitudinal do rio entre outros.

As intervenções necessárias para promover artificialmente a contenção desses processos são impactantes e onerosas de tal forma que, em geral, essas áreas ficam abandonadas à mercê de sucessões naturais até que estabeleça um novo equilíbrio.

O aprofundamento do leito do rio e a modificação de sua rugosidade podem ser efeitos classificados como de impacto imediato, observáveis durante e após a instalação da atividade mineira (OLIVEIRA 2002). O aprofundamento do leito de um rio e a diminuição da sua rugosidade aumentam a eficiência de fluxo e velocidade, compensando o decréscimo que se observa na declividade do canal (CHRISTOFOLLETTI 1980). A retirada de material do canal fluvial, que compõe uma “barreira física” natural, que contém e regula o aporte de sedimentos a jusante, rompe o equilíbrio dinâmico existente entre o aporte sedimentar ao canal e a sua distribuição ao longo do mesmo (OLIVEIRA 2002).

Dessa forma as áreas à jusante passam a ser alimentadas por uma carga detrítica diferente da recebida anteriormente, aumentando a sua rugosidade, com diminuição do seu fluxo e vazão. A partir desta situação é instalado um quadro que favorece inundações a jusante das áreas mineradas. A maior velocidade de fluxo de água, associada aos períodos de chuva, também aumenta a pressão da correnteza sobre as margens, o que pode resultar em seu solapamento (OLIVEIRA 2007).

Modificações no perfil longitudinal de um canal podem alterar também o nível freático e o nível de base de outros rios que compõem a bacia hidrográfica. Esta rede, para atingir novamente o equilíbrio, tem de se adequar ao novo nível de base, aprofundando o talvegue e aumentando o entalhe das margens fluviais.

4. MATERIAIS E MÉTODOS

4.1. Materiais

Para a realização do presente trabalho foram utilizados os seguintes materiais:

Em campo: GPS, mapas, cartas topográficas, barco, hastes, cordas, draga de 12 polegadas, balsa, tubos, máquina fotográfica, caderneta de campo, etc. As dragas, balsa e barco foram operadas por pessoal capacitado.

Em escritório: computadores, scanner, impressora, livros textos, materiais de escritório etc.

4.2. Métodos

Neste projeto foram realizadas 8 campanhas de campo entre os anos de 2010 e 2011, com o objetivo de monitorar os impactos oriundos da atividade mineira gerados na calha do Rio Paraíba do Sul, e também a reposição de areia em seu leito.

Durante os trabalhos de campo foram realizados levantamentos batimétricos através do método de varejão no trecho do rio correspondente aos três processos minerários abarcados neste estudo. Foram definidas seções transversais ao rio com a finalidade de identificar as suas variações morfológicas e os efeitos de ações naturais e antrópicas sobre a forma do canal do Rio Paraíba do Sul. Os perfis transversais à calha do rio foram definidos em duas estações do ano (chuvosa e estiagem) e também antes e depois do funcionamento do processo de dragagem. Os dados levantados foram utilizados para avaliação da estabilidade do leito do rio e saber quais processos predominavam durante o período analisado (agradiação, erosão ou se o leito se manteve inalterado).

5. RESULTADOS

5.1. Caracterização da substância lavrada

O material lavrado na região dos empreendimentos estudados é composto basicamente por areia de granulometria média, com pouca contribuição de finos (silte e argila) (Tabela 1). Sua coloração após a lavagem se apresenta com tons de amarelo claro e escuro, e por vezes marrom escuro (Figura 5). Sua mineralogia é composta essencialmente de quartzo (60 a 80%), feldspato (20 a 25%) micas (15 a 20%). Minerais secundários como opacos e pesados (ilmenita, magnetita, granada, hornblenda, espinélio, zircão etc.) ocorrem subordinadamente, além de matéria orgânica. Os cristais de quartzo se apresentam angulosos a subangulosos, enquanto que os feldspatos estão mais arredondados. As amostras foram ensaiadas no laboratório próprio porto de areia.

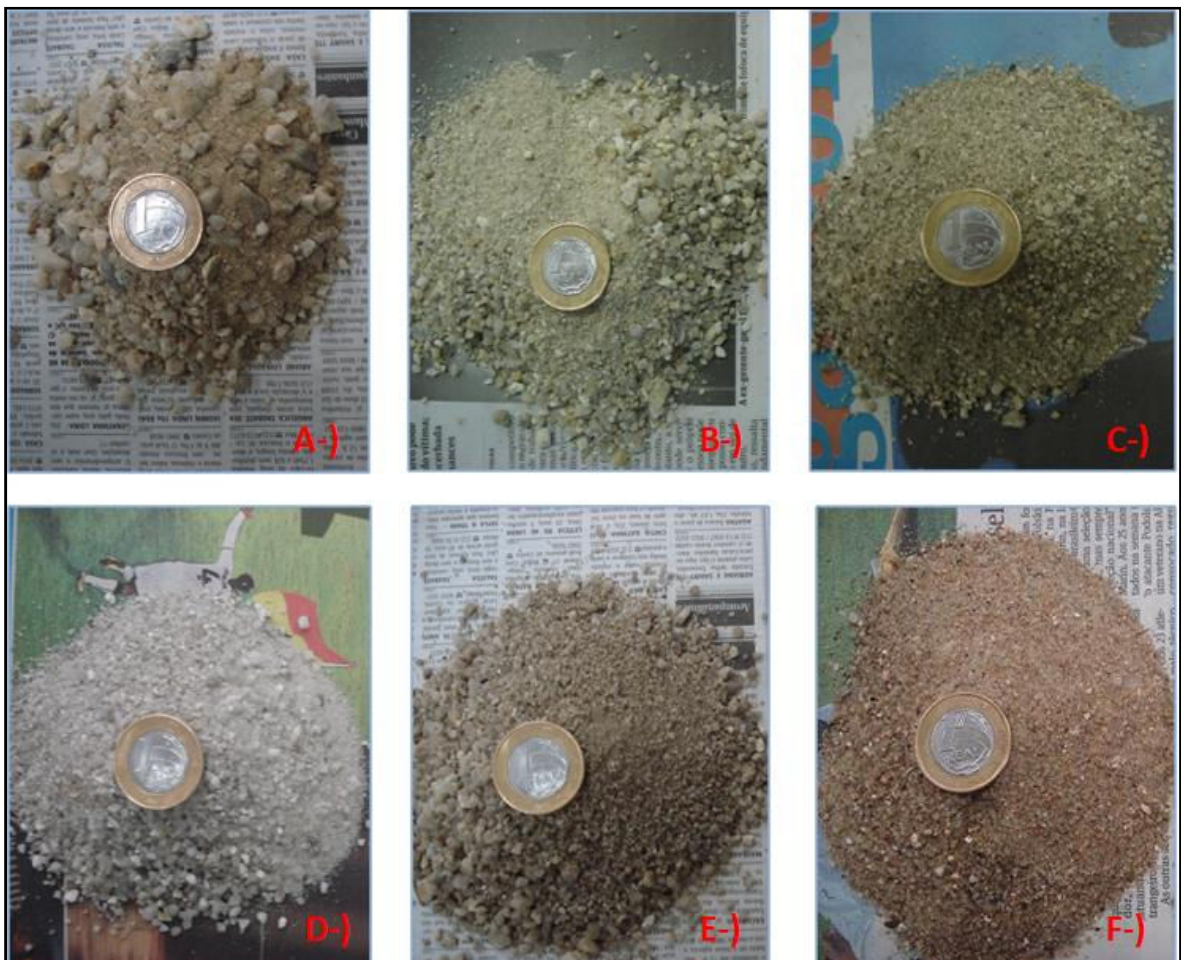


Figura 5 - Amostras de areia retirada a partir de dragagem no Rio Paraíba do Sul. A descrição de cada amostra está mostrada na Tabela 1.

Tabela 1 – Descrição das amostras de areia, após lavagem, coletadas em diferentes pontos no trecho pesquisado do Rio Paraíba do Sul.

Amostra	Descrição	Areia (%)	Finos (%)
Amostra A	Areia média com areia fina e com pouco cascalho de coloração bege marrom	81,77	18,23
Amostra B	Areia média com areia fina e muito fina. Coloração amarelo claro.	93,10	6,9
Amostra C	Areia média com areia fina e pouca areia muito fina. Coloração amarela escura.	95,94	4,06
Amostra D	Areia média com areia muito fina e de coloração cinza claro.	94,98	5,11
Amostra E	Areia média com areia fina e areia muito fina. Coloração cinza escura.	97,47	2,53
Amostra F	Areia média com areia fina e pouca areia fina. Coloração amarela clara.	98,00	2,00

5.2. Regime pluviométrico

O estudo da pluviosidade é muito importante em análises de evolução de perfis transversais aos rios. A precipitação exerce influência no escoamento superficial de encostas, escoamento canalizado, remoção, transporte e sedimentação de materiais sólidos dos canais fluviais. Por esta razão é reconhecido que o transporte sedimentar é regulado por fatores hidrológicos que controlam as características e o regime dos cursos de água (CHRISTOFOLETTI 1980, OLIVEIRA 2007).

Os dados pluviométricos foram obtidos a partir de estações pertencentes ao CPA da Unicamp, num período de 5 anos de levantamento de dados. O gráfico de precipitação no município de Tremembé mostra que os períodos mais chuvosos estão concentrados entre os meses de Dezembro e Fevereiro (Figura 6). Também através do gráfico abaixo pode ser notado que o ano de 2011 apresentou menos precipitação que o ano de 2010, o que resultou numa menor taxa de reposição de areia no leito do rio.

Após os episódios de chuva, o escoamento superficial tende a ser direcionado para os canais de drenagens, aumentando a sua vazão. Estes canais de drenagens uma vez secos fazem parte do fluxo canalizado e são alimentados

pela descarga de água subsuperficial residente nos solos e rochas. Quando esta descarga atinge um rio há um aumento de seu fluxo hidráulico e sua capacidade de transporte de materiais sólidos também aumenta.

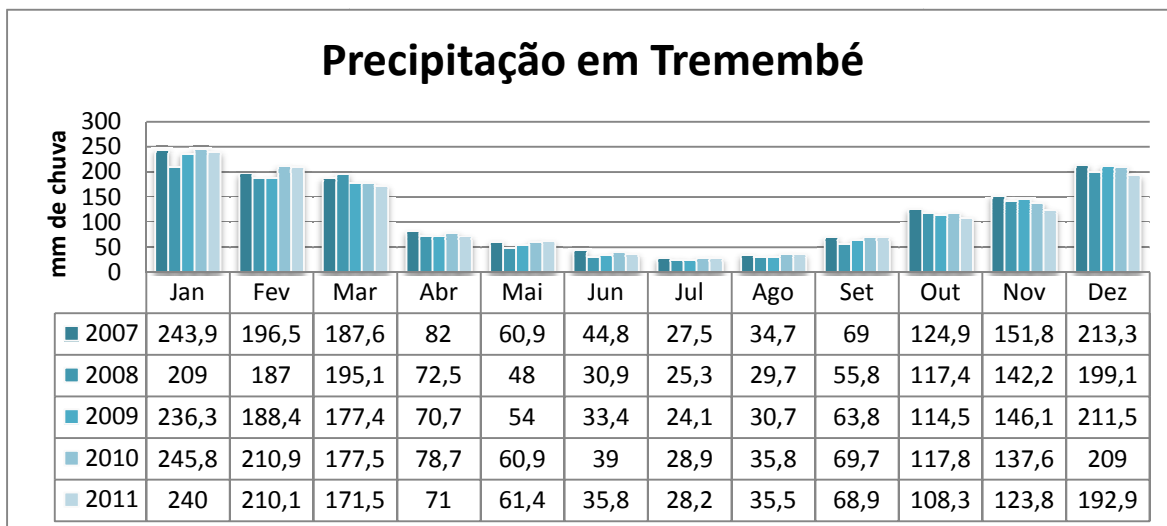


Figura 6 – Médias pluviométricas mensais entre 2007 e 2011. Fonte: CPA – Unicamp (2011).

5.3. Avaliação da reposição da areia através de seções transversais

A reposição de areia no trecho estudado da calha do Rio Paraíba do Sul foi monitorada através de seções batimétricas transversais ao leito do rio. Os levantamentos dos dados foram tomados em duas estações distintas entre os anos de 2010 e 2011. Durante 2010 e 2011 os dados foram levantados entre janeiro e março (verão, época das chuvas) e depois entre junho e agosto (inverno, época de estiagem). Foram realizadas 15 seções, com espaçamento de aproximadamente 100 metros cada, que foram alocadas da seguinte maneira:

- Uma à montante de todos os empreendimentos;
- Quatro na área correspondente ao primeiro empreendimento;
- Cinco na área correspondente ao segundo empreendimento;
- Quatro na área correspondente ao terceiro empreendimento;
- Um à jusante de todos os empreendimentos.

Em cada seção foram estabelecidas 3 investigações batimétricas equidistantes entre si que visaram determinar a espessura do pacote arenoso no fundo da calha do Rio Paraíba do Sul. Foi verificado que a largura do rio variou

entre 70 e 123 metros durante o período monitorado. Os dados levantados durante as investigações estão demonstrados nas tabelas abaixo (tabelas 2, 3, 4 e 5). A Tabela 6 apresenta as variações da espessura de sedimentos depositados durante o período relacionado.

Tabela 2 – Dados de batimetria levantados durante o verão de 2010.

Verão 2010 (Janeiro a Março)			
Seção	Largura Rio (m)	Esp. média de sedimentos (m)	Volume (m³)
1	120,0	3,0	36.000,0
2	92,0	2,5	23.000,0
3	89,0	2,4	21.360,0
4	83,0	2,4	19.920,0
5	71,0	2,3	16.330,0
6	73,0	2,3	16.790,0
7	70,0	2,4	16.800,0
8	80,0	2,2	17.600,0
9	92,0	2,0	18.400,0
10	88,0	1,8	15.840,0
11	104,0	1,3	13.520,0
12	98,0	0,7	6.860,0
13	84,0	1,2	10.080,0
14	72,0	1,8	12.960,0
15	75,0	2,1	15.750,0
Média	86,1	2,0	17.414,0

Tabela 3 - Dados de batimetria levantados durante o inverno de 2010.

Inverno 2010 (Junho a Agosto)			
Seção	Largura Rio (m)	Esp. média de sedimentos (m)	Volume (m³)
1	120,0	2,0	24.000,0
2	92,0	2,2	20.240,0
3	89,0	2,1	18.690,0
4	83,0	2,0	16.600,0
5	71,0	1,9	13.490,0
6	73,0	1,8	13.140,0
7	70,0	1,7	11.900,0
8	80,0	1,8	14.400,0
9	92,0	1,5	13.800,0
10	88,0	1,3	11.440,0
11	104,0	1,2	12.480,0
12	98,0	0,4	3.920,0
13	84,0	0,9	7.560,0
14	72,0	0,7	5.040,0
15	75,0	1,5	11.250,0
Média	86,1	1,5	13.196,7

Tabela 4 - Dados de batimetria levantados durante o verão de 2011.

Verão 2011 (Janeiro a Março)			
Seção	Largura Rio (m)	Esp. média de sedimentos (m)	Volume (m ³)
1	120,0	2,8	33.600,0
2	92,0	2,5	23.000,0
3	89,0	2,3	20.470,0
4	83,0	2,2	18.260,0
5	71,0	2,2	15.620,0
6	73,0	2,0	14.600,0
7	70,0	2,1	14.700,0
8	80,0	2,2	17.600,0
9	92,0	1,8	16.560,0
10	88,0	1,9	16.720,0
11	104,0	1,5	15.600,0
12	98,0	0,8	7.840,0
13	84,0	1,1	9.240,0
14	72,0	1,6	11.520,0
15	75,0	1,9	14.250,0
Média	86,1	1,9	16.638,7

Tabela 5 - Dados de batimetria levantados durante o inverno de 2011.

Inverno 2011 (Junho a Agosto)			
Seção	Largura Rio (m)	Esp. média de sedimentos (m)	Volume (m ³)
1	120,0	1,8	21.600,0
2	92,0	2,1	19.320,0
3	89,0	2,0	17.800,0
4	83,0	2,0	16.600,0
5	71,0	1,8	12.780,0
6	73,0	1,7	12.410,0
7	70,0	1,5	10.500,0
8	80,0	1,3	10.400,0
9	92,0	1,4	12.880,0
10	88,0	1,1	9.680,0
11	104,0	1,0	10.400,0
12	98,0	0,5	4.900,0
13	84,0	0,7	5.880,0
14	72,0	0,8	5.760,0
15	75,0	1,4	10.500,0
Média	86,1	1,4	12.094,0

Tabela 6 – Variação da espessura média de sedimentos durante o período de monitoramento do trecho pesquisado.

Período	Seção	Larg. Rio (m)	Esp. Sed. (m)
Verão 2010	1	120,00	3,00
Inverno 2010	1	120,00	2,00
Verão 2011	1	120,00	2,80
Inverno 2011	1	120,00	1,80
Média		120,00	2,40

Período	Seção	Larg. Rio (m)	Esp. Sed. (m)
Verão 2010	2	92,00	2,50
Inverno 2010	2	92,00	2,20
Verão 2011	2	92,00	2,50
Inverno 2011	2	92,00	2,10
Média		92,00	2,33

Período	Seção	Larg. Rio (m)	Esp. Sed. (m)
Verão 2010	3	89,00	2,40
Inverno 2010	3	89,00	2,10
Verão 2011	3	89,00	2,30
Inverno 2011	3	89,00	2,00
Média		89,00	2,20

Período	Seção	Larg. Rio (m)	Esp. Sed. (m)
Verão 2010	4	83,00	2,40
Inverno 2010	4	83,00	2,00
Verão 2011	4	83,00	2,20
Inverno 2011	4	83,00	2,00
Média		83,00	2,15

Período	Seção	Larg. Rio (m)	Esp. Sed. (m)
Verão 2010	5	71,00	2,30
Inverno 2010	5	71,00	1,90
Verão 2011	5	71,00	2,20
Inverno 2011	5	71,00	1,80
Média		71,00	2,05

Período	Seção	Larg. Rio (m)	Esp. Sed. (m)
Verão 2010	6	73,00	2,30
Inverno 2010	6	73,00	1,80
Verão 2011	6	73,00	2,00
Inverno 2011	6	73,00	1,70
Média		73,00	1,95

Período	Seção	Larg. Rio (m)	Esp. Sed. (m)
Verão 2010	7	70,00	2,40
Inverno 2010	7	70,00	1,70
Verão 2011	7	70,00	2,10

Período	Seção	Larg. Rio (m)	Esp. Sed. (m)
Verão 2010	9	92,00	2,00
Inverno 2010	9	92,00	1,50
Verão 2011	9	92,00	1,80
Inverno 2011	9	92,00	1,40
Média		92,00	1,68

Período	Seção	Larg. Rio (m)	Esp. Sed. (m)
Verão 2010	10	88,00	1,80
Inverno 2010	10	88,00	1,30
Verão 2011	10	88,00	1,90
Inverno 2011	10	88,00	1,10
Média		88,00	1,53

Período	Seção	Larg. Rio (m)	Esp. Sed. (m)
Verão 2010	11	104,00	1,30
Inverno 2010	11	104,00	1,20
Verão 2011	11	104,00	1,50
Inverno 2011	11	104,00	1,00
Média		104,00	1,25

Período	Seção	Larg. Rio (m)	Esp. Sed. (m)
Verão 2010	12	98,00	0,70
Inverno 2010	12	98,00	0,40
Verão 2011	12	98,00	0,80
Inverno 2011	12	98,00	0,50
Média		98,00	0,60

Período	Seção	Larg. Rio (m)	Esp. Sed. (m)
Verão 2010	13	84,00	1,20
Inverno 2010	13	84,00	0,90
Verão 2011	13	84,00	1,10
Inverno 2011	13	84,00	0,70
Média		84,00	0,98

Período	Seção	Larg. Rio (m)	Esp. Sed. (m)
Verão 2010	14	72,00	1,80
Inverno 2010	14	72,00	0,70
Verão 2011	14	72,00	1,60
Inverno 2011	14	72,00	0,80
Média		72,00	1,23

Período	Seção	Larg. Rio (m)	Esp. Sed. (m)
Verão 2010	15	75,00	2,10
Inverno 2010	15	75,00	1,50
Verão 2011	15	75,00	1,90

Inverno 2011	7	70,00	1,50	Inverno 2011	15	75,00	1,40
Média		70,00	1,93	Média		75,00	1,73

Período	Seção	Larg. Rio (m)	Esp. Sed. (m)
Verão 2010	8	80,00	2,20
Inverno 2010	8	80,00	1,80
Verão 2011	8	80,00	2,20
Inverno 2011	8	80,00	1,30
Média		80,00	1,88

Da Tabela 6 (acima), percebe-se que a espessura de sedimentos varia sazonalmente. Durante os períodos de chuva, há um maior escoamento de água para os rios, assim a quantidade de material transportado também é maior, aumentando a carga de sedimentos na calha. Já durante o inverno, que na região corresponde ao período de estiagem, há menos material sendo transportado para os rios (e pelos rios), assim a carga sedimentar é menor. Em determinados pontos estudados o Rio Paraíba do Sul recebe águas de alguns tributários, que por sua vez acabam por transportar sedimentos para este rio, aumentando a reposição de areia em seu leito.

A reposição de areia no trecho pesquisado do Rio Paraíba do Sul foi observada em diferentes estações do ano. Como era esperado, a reposição de areia foi mais rápida no período do verão e mais lenta no período da estiagem. A reposição completa de material foi medida após a paralisação das atividades de dragagem, nas duas estações em cada ano de observação. O tempo total de reposição de material em cada trecho do rio pode ser observado na Tabela 7.

Tabela 7 - Tempo de reposição de material em cada trecho observado.

Período	2010		2011	
	Verão	Inverno	Verão	Inverno
Montante	4 dias	10 dias	3 dias	7 dias
Central	10 dias	14 dias	12 dias	16 dias
Jusante	25 dias	32 dias	27 dias	31 dias
Média	13 dias	18,7 dias	14 dias	18 dias

Apesar de o município de Tremembé contar com diversos empreendimentos minerários, não são todos que exploram areia no leito do Rio Paraíba do Sul. À montante do trecho pesquisado, o empreendimento mais próximo, que explora areia no leito, está situado a 2 quilômetros rio acima. Dessa forma na seção batimétrica de nº 1, localizada mais à montante, foi constatado que há o predomínio de processos sedimentares regulares (erosão e deposição em taxas praticamente constantes), por não ser atingida pela ação de dragas.

No trecho compreendido pelo primeiro empreendimento (localizado mais a montante), a reposição de areia durou em média 4 dias no verão e 10 dias no inverno de 2010. No ano de 2011, a reposição de areia foi relativamente mais rápida, apesar de ser um ano mais seco, ficando entre 3 dias no verão e 7 dias no inverno. A relativa alta velocidade de reposição de areia neste trecho pesquisado pode ser justificada pela presença de um afluente do Rio Paraíba do Sul, que alimenta este com sedimentos provindos de outras regiões.

No trecho pesquisado a seguir, denominado aqui de trecho central, onde foram realizadas 5 seções batimétricas, a reposição de areia no ano de 2010 durou 10 dias no verão e 14 dias no inverno. No ano de 2011, a reposição demorou 12 dias no verão e 16 dias no inverno. A velocidade mais baixa de reposição de areia neste trecho central se dá por conta da exploração no empreendimento logo à montante e também por conta da presença de mais dragas explorando os sedimentos no leito neste segmento do rio.

No último empreendimento pesquisado, localizado mais à jusante em relação aos outros dois, a reposição de areia no ano de 2010 foi de 25 dias no verão e 32 dias no inverno, enquanto que no ano de 2011, foi de 27 dias no verão e 31 dias no inverno.

Finalmente, a última seção batimétrica foi realizada a jusante de todas as outras, onde foi percebido o menor nível de reposição de sedimentos, devido às atividades exploratórias realizadas à montante.

6. CONCLUSÃO

O Vale do Paraíba, em seu trecho paulista principalmente é considerado um pólo produtor de areia de extrema importância para várias localidades, em especial a região metropolitana de São Paulo. A região de Tremembé, conta com facilidade de escoamento, além de proximidade com centros consumidores. O aquecimento do setor de construção civil e a aceleração da economia nos últimos dois anos, aliada à boa qualidade da areia, favoreceu a ampliação deste segmento na economia da região, o que explica o grande número de empreendimentos em fase de exploração e um número maior ainda de requerimentos de pesquisa e processos em fase de pesquisa. O material analisado apresenta qualidades e características tecnológicas favoráveis de acordo com ABNT NBR's 7214 (1982) e Projeto 7211 (2004), tais como granulometria média a grossa, baixos teores de matéria orgânica, concentração de quartzo elevada e baixa concentração de sedimentos finos.

A extração de areia em leito de rio somente é economicamente viável enquanto a taxa de reposição for maior que a taxa de extração. A ausência de estudos anteriores sobre a questão do impacto da mineração no leito do rio foi um dos motivos que levaram à execução deste trabalho, que também serviu como ferramenta para determinação do tempo de reposição de areia, e assim otimizar a produção desta substância na região abarcada. Dessa forma, no trecho estudado, foi verificado que, quanto mais a jusante mais lenta é a reposição de areia, devido a atividade extrativa rio acima, independentemente do período estudado. Contudo, a condução de estudos se faz necessária continuamente, uma vez que o aporte de sedimentos e o fluxo do rio são variáveis durante o tempo.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AB'SABER, A.N. 1977. Os domínios morfoclimáticos na América do Sul: primeira aproximação. Geomorfologia, v.53, p.1-23.

APPI, C. J.; FREITAS, E. L.; CASTRO, J. C. 1986. Faciologia e Estratigrafia da Bacia de Taubaté. Comunicação Técnica. Rel. Interno CENPES/PETROBRAS (Inédito).

Batalla R.J. 2003. Sediment deficit in rivers caused by dams and instream gravel mining. A review with examples from NE Spain. Rev. Cuaternario y Geomorfología, 17:79-91.

BROWN AV., LYTTLE M.M., BROWN KB. 1998. Impacts of gravel mining on gravel bed streams. Transactions of the American Fisheries Society., 127:979-994.

CARVALHO, Ancilla Maria Almeida de; VIDAL, Alexandre Campana e KIANG, Chang Hung. Delimitação do embasamento da Bacia de Taubaté. Geol. USP, Sér. cient.[online]. 2011, vol.11, n.1 [citado 2012-05-22], pp. 19-32 . Disponível em: <http://www.revistasusp.sibi.usp.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1519-874X2011000100002&lng=pt&nrm=iso>. ISSN 1519-874X.

CHANG, H. K.; APPI, C. J.; RICCOMINI, C.; CASTRO, J. C.; ARAI, M.; FREITAS, E. L. & NETO, E. V. S. 1989. Geologia da Bacia de Taubaté. 1o Simp. Reg. Sudeste, Rio de Janeiro, SBG, Boletim de Resumos, p.10.

CHRISTOFOLETTI, A (1980). Geomorfologia. Edgard-Blücher/Edusp, São Paulo, 188p.

CPRM – MAPA GEOLÓGICO DO ESTADO DE SÃO PAULO, 2008.

CRUZ, T. T. Caracterização de depósitos de areia da Bacia Sedimentar de Taubaté para a fabricação de vidros. 2011. Dissertação (Mestrado) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2011.

CUNHA, S. B. (1994). Geomorfologia fluvial. In: GUERRA, A. J. T; CUNHA, S. B. (orgs.). Geomorfologia – uma atualização de bases e conceitos. Bertrand Brasil, Rio de Janeiro, PP.211-252.

DNPM Departamento Nacional de Produção Mineral. 2010. Anuário Mineral Brasileiro. Brasília, DNPM/MME.

FERNANDES, F. L. 1993. Arcabouço Estrutural e Evolução da Bacia de Taubaté – SP. Ouro Preto, 147 p. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal de Ouro Preto.

HASUI, Y., CARNEIRO, C. D. R. & COIMBRA, A. M. 1975. The Ribeira Folded Belt. Rev. Bras. Geoc., São Paulo, 5(4):257-266.

HASUI, Y. & SADOWISK, G. R. 1976. Evolução Geológica do Pré-Cambriano na Região Sudeste do Estado de São Paulo. Rev. Bras. Geoc.; 6(3):182-200.

IPT, 1981, Mapa Geomorfológico do Estado de São Paulo, esc.1:500.000 Pró Minério, São Paulo, v1, 94p.

IPT, 1981, Mapa Geológico do Estado de São Paulo, esc. 1:500.000 Pró Minério, São Paulo, v1, 120p.

KONDOLF G.M. 1994. Geomorphic and environmental effects of in-stream gravel mining. *Landscape and Urban Planning.*, 28:225-243.

KONDOLF G.M. 1997. Hungry water: effects of dams and gravel mining on river channels. *Environmental Management.* 21:533-551.

LANGER W.H. & GLANZMAN V.M. 1993. Natural Aggregate: Building America's Future. Estados Unidos, Public Issues in Earth Science, Geological Survey Circular 110.

MECHI, A., SANCHES, D. L. Impactos ambientais da mineração no Estado de São Paulo. *Estud. av.* [online]. 2010, vol.24, n.68, pp. 209-220. ISSN 0103-4014. <http://dx.doi.org/10.1590/S0103-40142010000100016>.

OLIVEIRA, F. A. Análise preliminar de impactos da atividade mineradora no leito do rio Cubatão do Norte (Joinville, SC) sob a ótica da geomorfologia. *Rev. Saúde e Ambiente / Health and Environment Journal*, p. 23-27, v3, n.1, jun 2002.

OLIVEIRA, F. L., MELLO, E. F. A mineração de areia e os impactos ambientais na bacia do Rio São João, RJ. 2007. *Rev. Bras. De Geociências*, 37 (2): 374-389, jun. 2007

PENHA, L. L. Correlação rocha-perfil em testemunho contínuo da bacia de Taubaté. Monografia. Instituto de Geociências da Universidade Federal do Rio de Janeiro. 2005.

RAMPANELLI, A., SAAD, A., ARAUJO NETO, E., CASADO, F., ETCHEBEHERE, M.. Recursos naturais da Bacia Sedimentar de Taubaté como fator de desenvolvimento sócio-econômico: um estudo aplicado aos municípios de Taubaté e Tremembé, estado de São Paulo. **Geosciences = Geociências**, Brasil, 30, mar. 2012. Disponível em: [http:// www.periodicos.rc.biblioteca.unesp.br/index.php/geociencias/article/view/5550/4285](http://www.periodicos.rc.biblioteca.unesp.br/index.php/geociencias/article/view/5550/4285).

RICCOMINI, C., 1989. O Rift Continental do Sudeste do Brasil. São Paulo: 1989, 256p. Tese (Doutorado) - Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo.

SINDAREIA – SINDICATO DOS AREIEIROS DO ESTADO DE SÃO PAULO. www.sindareia.com.br, acesso em 31 de outubro de 2011.

SMA - Secretaria de Estado do Meio Ambiente de São Paulo (1996). “Resolução no. 42 – Dispõe sobre o Licenciamento Ambiental dos Empreendimentos Minerários de extração de areia na Bacia Hidrográfica do rio Paraíba do Sul”, SP, Set.

VIDAL, A. C. & CHANG, H. K. Análise geoestatística da salinidade dos aquíferos da Bacia de Taubaté. Rev. Bras. De Geociências 34 (1): 109-116, março de 2004.