

ALTERAÇÕES DE LONGA DURAÇÃO NA DINÂMICA HIDROSSEDIMENTAR POR EXTRAÇÃO DE AREIA NO ALTO CURSO DO RIO PARANÁ NA REGIÃO DE PORTO RICO, PR

Daniel Nery SANTOS ¹ & José Cândido STEVAUX ²

(1) Mestrado em Análise Geoambiental, Universidade Guarulhos / UnG. Praça Teresa Cristina, 1 – Centro. CEP 07023-070. Guarulhos, SP. Endereço eletrônico: dannielnery@hotmail.com

(2) Universidade Estadual de Maringá / UEM / GEMA. Avenida Colombo, 5790 – Jardim Universitário. CEP 87020-900. Maringá, PR. Endereço eletrônico: jstevaux@uem.br

Introdução
Área de Estudo
Materiais e Métodos
Apresentação de Dados
Resultados e Discussão
Conclusão
Referências Bibliográficas

RESUMO – Este estudo analisou o processo de extração de areia no canal do alto curso do rio Paraná, na seção da cidade de Porto São José no Estado do Paraná, e as consequências dessa atividade na dinâmica hidrossedimentológica do canal. Foram elaborados mapas e seções transversais que permitiram a comparação da morfologia do canal nas condições anteriores à atividade mineira (1957) e as atuais. A operação de dragagem do fundo foi monitorada no tocante às alterações morfológicas do fundo e qualidade da água do rio. Para a realização desses trabalhos foram utilizados perfilador de corrente per efeito Doppler - ADCP, ecossonda, mapas batimétricos antigos e dados das mineradoras locais. Concluiu-se que: a) o balanço de sedimentação e erosão no trecho praticamente está inalterado, exceto para o ponto onde se concentram 50% das atividades de extração de areia no qual foi constatada incisão do canal; b) o volume de material extraído ligeiramente inferior ao transportado pelo canal, mas essa extração, feita em vários pontos do canal, não pressiona o sistema; c) a perturbação causada pela operação de dragagem é momentânea e não acarreta impacto no canal.

Palavras-chave: extração de areia, rio Paraná, Porto Rico, sistemas fluviais, impactos ambientais, talvegue.

ABSTRACT – *D.N. Santos & J.C. Stevaux - Changes in long-term dynamics hydrossedimentar for extraction of sand in the upper course of the Parana river in the region of Puerto Rico, PR.* This study examined the process of sand mining in the upper reaches of the Paraná River (Porto Rico, PR) and the consequences over hydrosedimentological dynamics of river system. Through comparison of bathymetrical maps of different periods (1957-2007) plus a detailed monitoring on dredging procedures it was possible to evaluate changes in channel morphology and local impacts of mining activity on the study reach. Channel was surveyed by Acoustic Doppler Current Meter – ADCP, FURUNA echo sounder as well as maps and bathymetric data from old mining sites. It was concluded that: a) sedimentation-erosion balance at the study reach is virtually unchanged, except for the point where it accounted for 50% of the activities of sand extraction in which it was found channel incision, b) the volume of material extracted is slightly less than the channel median discharge of sand, but this extraction, made in various parts of the canal, does not impact the system, c) the disruption caused by the dredging operation is temporary and does not cause impact on the channel.

Keywords: extraction of sand, Paraná river, Puerto Rico, river systems, environmental impacts, thalweg.

INTRODUÇÃO

Os sistemas fluviais representam um dos mais importantes agentes geológicos modeladores da superfície terrestre, como também desempenham papel ecológico, econômico e social de grande relevância para o desenvolvimento e organização da vida humana. Civilizações antigas floresceram e se desenvolveram às margens dos grandes rios, como por exemplo, no Eufrates e Nilo. Ainda hoje, grandes cidades se estabeleceram e desenvolvem-se ao longo das margens de grandes rios e têm uma relação de relevante dependência desses sistemas. É o caso das cidades do Rio de Janeiro (RJ), onde 80% do abastecimento d'água

é originário do rio Paraíba do Sul e de São Paulo (SP) que ocupa as margens dos rios Tietê e Pinheiros, de forma irregular, para pistas de rolamentos de veículos. Na antiguidade, bem como no caso brasileiro, os rios constituíram um meio de penetração do homem em direção ao interior dos continentes. Até hoje, muitos rios prestam-se à navegação. Contudo, seu papel mais importante concentra-se no abastecimento de água, irrigação, na produção de energia e na atividade mineradora, que foi objeto de estudo deste trabalho.

Este relacionamento das correntes fluviais com a vida cotidiana deve ser um objeto de grande preocu-

pação no que se refere ao entendimento do seu funcionamento. Entender o comportamento de um rio nos oferece melhores condições para o desenvolvimento de novas técnicas, e mais aperfeiçoadas ao ambiente fluvial, e assim uma exploração com o mínimo de impacto ambiental negativo para o sistema.

As atividades de extração mineral são de grande importância para o desenvolvimento social, mais também são responsáveis de impactos ambientais negativos muitas vezes irreversíveis (Brandt, 1998). Estes se tornam mais visíveis com a dinamização do processo de industrialização, a partir do século XVIII. Soma-se a esse processo o crescimento acelerado das cidades, geralmente, de maneira desorganizada, e que acabam aumentando os conflitos entre a necessidade de buscar matérias-primas e a conservação dos recursos naturais (Popp, 1992).

No Brasil, 90% da areia é produzida em leito de rios, segundo relatório do Departamento Nacional de Produção Mineral (DNPM, 2002).

No canal do alto rio Paraná, no trecho que passa na cidade de Porto São José (PR), foi instalado o primeiro porto de extração de areia em canal de rio “ecologicamente correto” do Brasil. Esse empreendimento tem como compromisso o desenvolvimento de ações mitigadoras que contemplem a relação entre a atividade econômica ali desenvolvida e o meio ambiente, sem maiores efeitos negativos para o sistema fluvial do rio Paraná, com adoções de tecnologias modernas e inéditas em nosso território (esteiras de transporte que conduzem a areia a mais de 500 m da margem do rio). A opção por uma nova tecnologia no sistema produtivo mineral, traz ajuste de conduta, não no sentido de apontar soluções definitivas para esse tipo de empreendimento, que visa compreender a relação dessa ação humana com o comportamento do sistema fluvial do rio, no caso do rio Paraná, bem como suas consequências (impactos ambientais negativos), e procurar entender se efetivamente esses impactos interferem na dinâmica natural do sistema fluvial.

Por essa razão esse trecho vem sendo intensamente estudado nas últimas três décadas (Agostinho et al., 2004). Pesquisas na área da ecologia, limnologia, hidrologia, geomorfologia e geologia levaram à criação dos Parques Nacional de Ilha Comprida e do Parque Estadual das Ilhas e Várzeas do Rio Ivinhema, os quais juntamente com suas área de entorno cobrem praticamente todo o trecho “natural” do rio Paraná.

Dentre as atividades econômicas desenvolvidas nesse trecho, que intervêm diretamente no ambiente fluvial, estão a geração de energia elétrica pelas represas de Porto Primavera e Itaipu, impactos do turismo (Galvão, 2007) e extração de areia e dinâmica hidrosedimentar (Santos, 2008).

A atividade de mineração de um modo geral é impactante, e a extração de areia fluvial não foge dessa regra. Esta última atividade tem tanto influência direta, na remoção da carga de fundo e conseqüentemente na comunidade bêntica do canal (Stevaux & Takeda, 2002), como pode gerar uma “onda impactante” com tempos de reação e relaxação variáveis. Sobre este último caso, Mossa & McLean (1997) estudaram a extração de areia e cascalho no canal do rio Luisiana (SW dos EUA) e suas conseqüências para o sistema fluvial em mais de um século de atividade. Concluíram que a mineração de areia afetou a forma do canal, criando gradientes temporários mais acentuados e provocou migrações de dunas subaquáticas. A mudança principal verificada pelos autores, através da comparação dos mapas de 1848 com os de 1940, cuja mudança principal coincide com o aumento da quantidade de extração de areia.

No Brasil, 90% da areia é produzida de extração em leito de rios (DNPM, 2002) e dessa forma é um tema que vem ganhando atenção de geomorfólogos, hidrólogos e ecólogos no tocante ao impacto ambiental que gera e nas possíveis tecnologias que levariam à sustentabilidade (Almeida, 2002). Tais técnicas, contudo, nem sempre são de fácil aplicação ou exigem investimentos muitas vezes inviáveis a um bem mineral de valor relativamente baixo. De qualquer modo, um dos temas ainda sem total esclarecimento é o real impacto dessa atividade minerária no sistema fluvial. Sabe-se que a intensidade, magnitude e duração dos impactos dependem de fatores como quantidade e tipo de material extraído (areia ou cascalho, por exemplo), na magnitude e dinâmica do canal (morfologia, profundidade, vazões líquidas e sólidas, etc.), na localização longitudinal (ao longo do canal) ou transversal (margem ou centro) da extração e do subambiente em que se encontra a atividade (barra, talvegue, confluência, etc.).

Os depósitos de areia são resultados da concentração de grãos de quartzo pelos agentes naturais de intemperismo, transporte e deposição a partir de rochas preexistentes, gerando acumulações com maior ou menor concentração de areia e diferentes graus de facilidades nas técnicas de extração e recuperação ambiental. A mineração de areia pode estar relacionada a cinco ambientes geológicos distintos: a) Leitões de rios; b) Planícies e terraços aluviais de fundos de vales; c) Planícies costeiras; d) Coberturas de morros constituídas por formações sedimentares arenosas mais antigas e, e) Coberturas de morros com mantos de alteração de rochas cristalinas quartzosas. Dessa forma, tanto a composição mineralógica da área, fonte, os processos de erosão, transporte e deposição influenciam na quantidade, na qualidade e no modo de exploração dos depósitos de areia.

ÁREA DE ESTUDO

O rio Paraná é formado pela confluência dos rios Grande e Paranaíba (Latitude 20°S) em território brasileiro e tem sua foz no estuário do rio Prata, nas proximidades da cidade de Buenos Aires (Latitude 34°S) na Argentina, após percorrer 3.800 km e drenar uma área de 2.800.000 km², com uma descarga média em sua foz de 18.000 m³/s. Em termos de descarga, o rio Paraná é considerado como, o décimo rio no mundo, e a segunda maior bacia de drenagem da América do Sul (Latrubesse et al., 2005, Meybeck., 1987, segundo Stevaux et al., 1997).

Atualmente, grande parte da rede hidrográfica do rio Paraná em território brasileiro encontra-se sob o controle de barragens. Somente nos 200 km compreendidos entre a barragem de Porto Primavera e o remanso do lago de Itaipu o rio corre em seu leito natural.

Na seção da área de estudo (Figura 1) o canal tem características anastomosado com divisão por

braços originários de processos de depósitos de sedimentos formando ilhas fluviais.

No Brasil, o rio Paraná drena a região de maior concentração populacional e econômica do país. Agricultura, indústria e esgoto das grandes cidades estão entre as fontes de impactos negativos do alto rio Paraná e seus tributários (Agostinho et al., 1995). No entanto, os maiores impactos podem ser atribuídos às construções de reservatórios, 26 deles com área superior a 100 km². Em 1999, após a construção do reservatório de Porto Primavera, a planície aluvial do rio Paraná foi reduzida a um curto trecho lótico de cerca de 200 km, que se estende até a represa de Itaipu.

Assim, um dos maiores rios do planeta entra no século XXI com apenas um reduzido trecho livre do alagamento dos reservatórios. Trabalhos ainda incompletos realizados na planície aluvial desse trecho registraram mais de 3.000 espécies de animais e plantas (Thomaz et al., 2004).

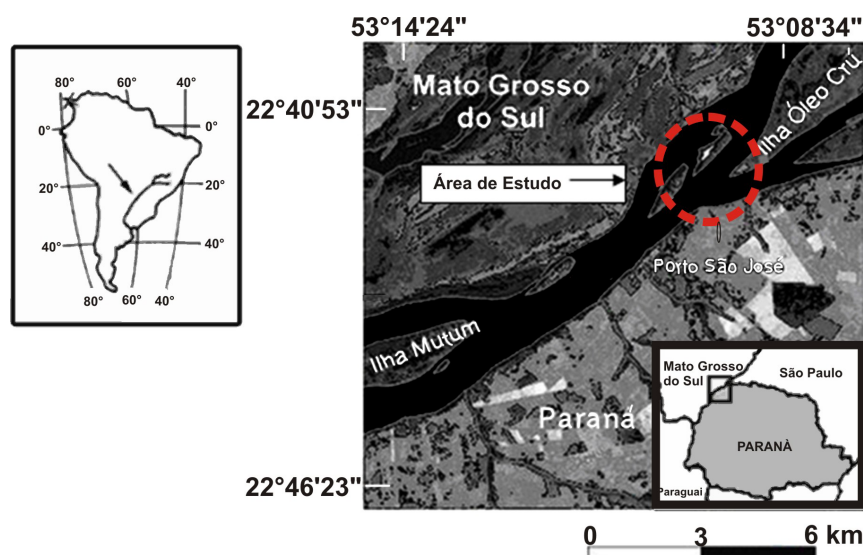


FIGURA 1. Mapa de localização da área de estudo no alto curso do rio Paraná, na região de Porto Rico (PR). (Modificado de Stevaux & Martins, 2007).

MATERIAIS E MÉTODOS

Este trabalho propõe um método de avaliação das alterações de longa duração em sistemas fluviais induzidas por extração de areia no canal tendo como exemplo o caso do alto rio Paraná, cuja atividade de mineração se estende por cerca de 50 anos.

Três justificativas ressaltam a importância deste trabalho: 1) O trecho estudado é o último remanescente não represado do rio Paraná no Brasil e é considerado como modelo para grande rios tropicais (Stevaux et al., 2008); 2) A área de mineração de

areia incluí-se na APA (Área de Proteção Ambiental) referente ao Parque Estadual das Ilhas e Várzeas do Rio Ivinhema (Santos, 2008) e 3) Ser esta a região de maior extração de areia de rio do Estado do Paraná (MINEROPAR, 2007).

Foram realizadas no rio Paraná três campanhas de quatro dias, cada uma delas em diferentes períodos, para coleta de dados em campo. Estes trabalhos tiveram como base de apoio o NUPELIA da universidade de Maringá, que incluíram:

- a) *Levantamento batimétrico*: para esta atividade utilizou-se eco-sonda (FURUNO) acoplada a GPS. Foram efetuadas cerca de 10 seções transversais em trechos do canal do rio onde há maior atividade mineradora de extração de areia.
- b) *Velocidade e características de fluxo*: foram realizados levantamentos locais de velocidade e estrutura de fluxo por meio de um Perfilador Doppler Acústico (Figuras 2, 3 e 4) de corrente (ADCP). Como a intenção era avaliar a perturbação do fluxo causada pela dragagem, foram executados levantamentos nos locais e no momento em que as dragas estavam em atividade.
- c) *Coleta de material de fundo*: para a avaliação do tipo de material dragado foram coletadas amostras diretamente na saída das bombas das dragas. Foram tomadas diferentes amostras, de modo a obter uma média mais representativa.
- d) *Coleta de água*: com o intuito de avaliar mudanças na concentração de sedimentos suspensos induzidas pela atividade de dragagem, foram coletadas amostras de água por meio de garrafa de Van Dohrr durante a dragagem.
- e) *Mapeamento de áreas de extração*: sob a orientação dos trabalhadores locais, foi feito um mapeamento dos locais de extração de areia. Essa atividade informações não apenas dos pontos atuais de extração, mas também, dos locais que foram abandonados por diferentes causas.
- f) *Visitas ao porto de areia*: foram realizadas visitas ao principal porto de areia da região, com o objetivo de conhecer o processo de retirada de areia da balsa, seu transporte até o local de depósito e o embarque nos caminhões para escoamento da produção.

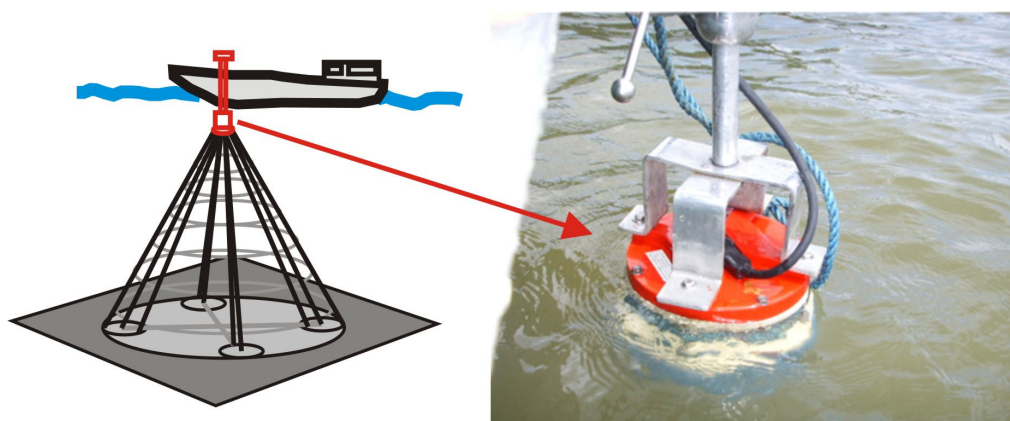


FIGURA 2. Representação esquemática do trabalho do barco com o Perfilador Doppler Acústico acoplado ao barco mapeando as formas de leito no fundo do rio Paraná.

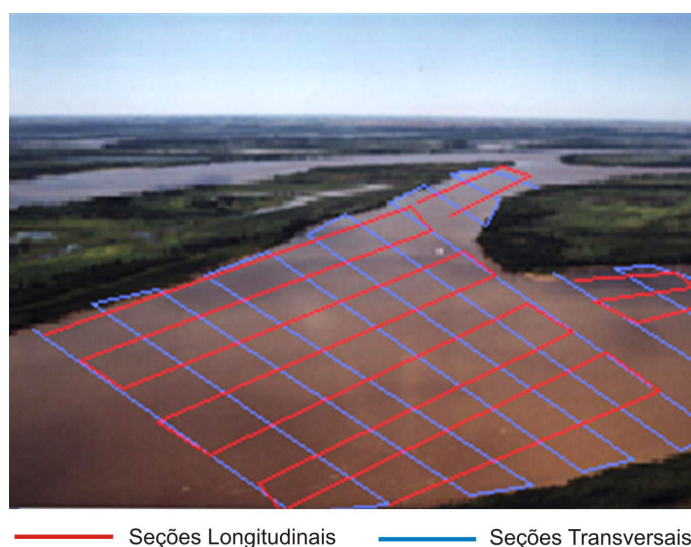


FIGURA 3. Representação das seções de mapeamento das formas do fundo do rio Paraná. O mapeamento é feito nos sentidos longitudinais e transversais, como mostra o esquema da Figura.

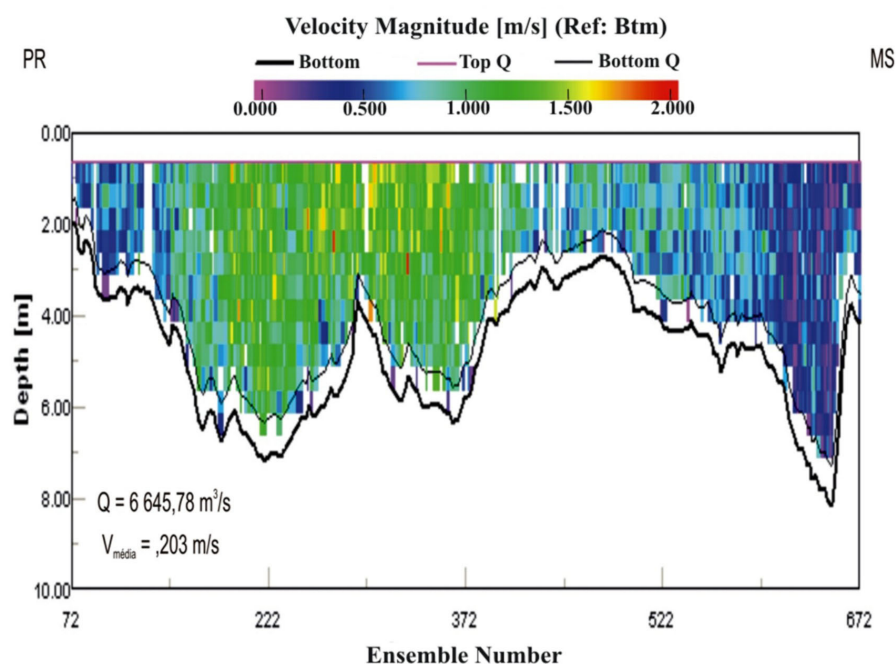


FIGURA 4. Gráfico da velocidade da corrente do alto curso do rio Paraná.

APRESENTAÇÃO DE DADOS

Dependendo do regime fluvial e da disponibilidade de material para transporte, a areia que está sendo transportada pode acumular em grandes corpos submersos (barras arenosas submersas) ou eventualmente aflorar à superfície do rio. Seja qual for o tipo de barra, sua presença no rio é relativamente efêmera e sua distribuição, embora controlada pelas características do fluxo, tem um caráter aparentemente errático e varia, geralmente, a cada evento de cheia, podendo ser acrescida ou desaparecer (ser transportada pelo rio).

Alterações nas características tanto do fluxo como da carga do material transportado (quantidade e textura), pode constituir ou erodir depósitos preexistentes no canal. Martins & Stevaux (2005) determinaram a velocidade de migração, o tamanho e morfologia das formas de leito do rio Paraná em diferentes períodos no ciclo hidrológico (cheias e águas baixas), concluindo posteriormente Stevaux et al. (2008) que as características das formas de leito desse rio modificou acentuadamente após o fechamento do reservatório Engenheiro Sérgio Motta.

A área de extração de areia, objeto do presente estudo, situa-se num trecho do rio Paraná de aproximadamente 6 km (Figura 1), entre a foz do rio Paranapanema e o distrito de Porto São José (Município de São Pedro do Paraná – PR). Esse trecho constitui também a fronteira tríplice entre os Estados do Paraná, São Paulo e Mato Grosso do Sul, e incluem, além do citado, os municípios de Rosana (SP), Porto Rico (PR)

e Taquarussu (MS). As principais cidades mais próximas da região são Maringá(PR) a 180 km; Presidente Prudente (SP) a 204 km de Nova Andradina (MS). Os principais centros consumidores da areia extraída são: Maringá e Londrina, ambas no Estado do Paraná.

No trecho de estudo (Figura 1) entre as cidades de Porto Rico e Porto São José, no Estado do Paraná, o rio Paraná apresenta multicanal com braços separados, com classificação de anastomosado, caracterizado por sucessivas ramificações e posteriores reencontros de seu curso, separando ilhas assimétricas e barras arenosas (Stevaux, 1994).

Os depósitos de areia são resultados da concentração de grãos de quartzo pelos agentes naturais de intemperismo, transporte e deposição a partir de rochas preexistentes, gerando acumulações com maior ou menor concentração de areia e diferentes graus de facilidades nas técnicas de extração e recuperação ambiental. A mineração de areia pode estar relacionada a cinco ambientes geológicos distintos: I) Leitões de rios, II) Planícies e terraços aluviais de fundos de vales, III) Planícies costeiras, IV) Coberturas de morros constituídas por formações sedimentares arenosas mais antigas e V) Coberturas de morros com mantos de alteração de rochas cristalinas quartzosas. Dessa forma, tanto a composição mineralógica da área, fonte, os processos de erosão, transporte e deposição influenciam na quantidade, na qualidade e no modo de exploração dos depósitos de areia.

A areia de origem fluvial e eólica são as que apresentam melhor aproveitamento. Os processos envolvidos nesses ambientes tendem a selecionar o material, a arredondar os grãos, bem como eliminar a matriz de partículas (silte e argila) que reduzem a qualidade do minério. A ocorrência de minerais pesados, por sua vez, raramente influencia na qualidade do minério quando usado na construção civil (areia para vidro deve ter quantidade extremamente baixas ou mesmo serem totalmente isentas desses minerais). Contudo, a presença de sal, óxido de ferro, excesso de feldspato ou fragmentos de rochas, bem como a ocorrência de matriz fina pode prejudicar a utilização desse minério na construção civil.

Nos processos sedimentares aluviais que atuam dentro e fora de um canal fluvial são fundamentais, tanto na caracterização das fácies fluviais, bem como dos tipos básicos de sistemas deposicionais fluviais. Portanto, da compreensão dos processos sedimentares, depende o reconhecimento das fácies específicas e, em consequência, do tipo particular de canal ou de qualquer feição pertinente Bigarella & Suguio (1979).

O termo dragagem é empregado de maneira ampla para qualquer tipo de mineração ou obra em que o material é retirado sob um leito d'água, incluindo tanto máquinas que operam por simples escavação mecânica, quanto as que utilizam a força da água (no caso, força de sucção). Ambas são aplicadas para retirada das camadas dos sedimentos arenosos submersos no fundo dos rios, lagoas, represas, etc. A draga bombeia a areia

e outros sedimentos que estão depositados no fundo do rio, utilizando a água como veículo. A mistura de areia e água bombeada, denominada de polpa, contém normalmente uma proporção de 60% de água e 40% de areia (IPT, 2005). No ponto de bombeamento há grande revolvimento de material, levando a alterações na concentração de sólidos em suspensão no local da dragagem (Foto 1A).

A areia bombeada fica depositada na draga e a água retorna ao rio juntamente com os sedimentos finos. O volume de água bombeado pela draga é praticamente todo devolvido ao rio, com exceção de uma pequena parcela que fica agregada à areia.

Com a dragagem no canal do rio Paraná, parte dos sedimentos extraídos retorna ao sistema provocando uma pluma de turbidez (Foto 1B), com aproximadamente 10 m de comprimento por 2 m de largura. Essa pluma é ligeiramente dissolvida pelo sistema, não causando impactos ambientais negativos relevantes que possam comprometer ou mudar o ecossistema fluvial.

A extração de areia nesta seção do rio Paraná representa um volume entre 50.000 e 60.000 m³/mês que representa uma média de 55.000 m³/mês correspondendo a 660.000 m³/ano (Santos, 2008). A taxa de extração de areia é de 1800 m³/dia, o que equivale a uma tonelagem média de 2700 ton/dia. Por outro lado, a carga de fundo transportada diariamente pelo rio nesse trecho foi estimada por Martins & Stevaux (2005), em 2.820,6 ton/dia.

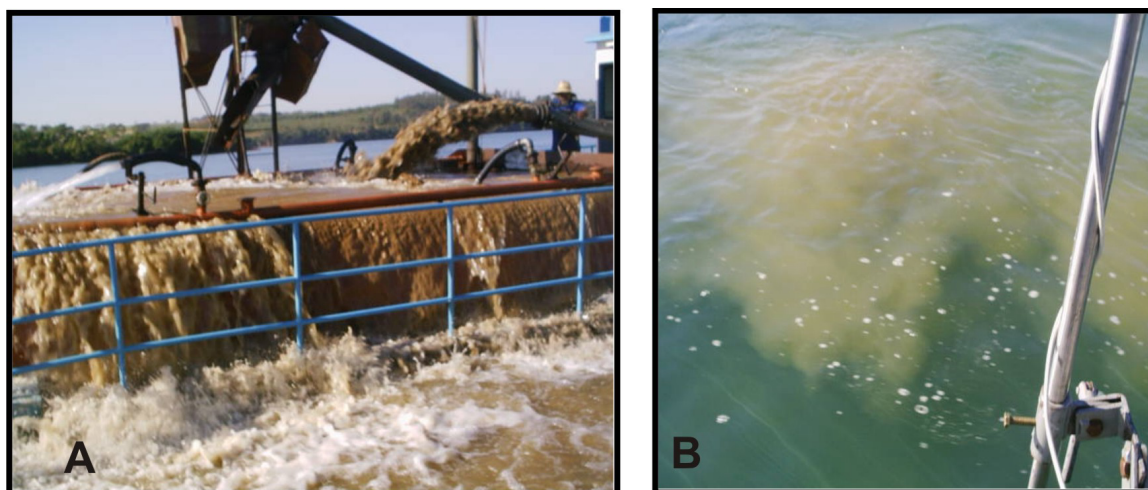


FOTO 1. A) Trabalho de dragagem do material inconsolidado submerso por sucção. B) formação da pluma de turbidez.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Com a análise dos mapas contendo dados de profundidades, através de levantamentos batimétricos

do trecho estudado no canal do rio Paraná, um de 1957 e o outro de 2007. Os dados de 2007 mostram uma

tendência de incisão em alguns pontos do canal, podendo chegar a 8 m em relação a situação de 1957. Portanto, as batimetrias mostram diferentes comportamentos do sistema durante este período, onde em alguns pontos houve incisão no canal, um entalhamento no fundo do rio, e em outros agradação, com preenchimento. Contudo, a extração de areia não deve ser o único fato isolado gerador desses processos, pois com a construção a montante do reservatório Engenheiro Sérgio Motta, o rio passou a ser influenciado pela barragem, podendo o represamento interferir em sua dinâmica.

De acordo com a relação de carga de fundo e a extração de areia no canal do rio, os resultados de transporte de carga de fundo superam o da extração mineral, e mostram um grande potencial para a continuidade dessa atividade econômica. Deve-se considerar, contudo, que a extração é feita em diferentes pontos do trecho (Figura 5). Isso minimiza em muito o efeito da extração no ambiente do canal pois os volumes extraídos são repartidos aos pontos de extração.

Os perfis comparativos dos mapas de 1957 e 2007 (Figura 6), mostram que houve um aprofundamento

do canal do rio Paraná (Figura 7), podendo chegar em alguns pontos a uma diferença de 6 m de profundidade em relação a atual profundidade com a de 1957, no trecho onde representa cerca de 50% da atual extração de areia. Isso significa dizer que há uma tendência de aprofundamento da calha do rio nos pontos de maior concentração da extração de areia. Contudo, há outro fator que pode estar contribuindo para essa mudança no sistema fluvial do rio Paraná, que é o reservatório de Engenheiro Sérgio Motta a montante.

Analisando a distribuição geográfica no perfil 1 ocorreu uma incisão de cerca de 3 m em um pequeno trecho do canal, e agradação em torno de 2 m. Nos perfis 2, 3 e 5 o processo é só de incisão, com uma variação de aprofundamento do canal de 4 m. Nos pontos entre os perfis 1 a 4 não há extração de areia. Nos perfis 4 e 6 ocorreu incisão e agradação do canal, com predominância de incisão. Nos perfis 5 e 6 se concentra 50% do volume atual de extração de areia. A medição do nível da mesa d'água em Porto São José (PR) só começou a partir de 1964. No relatório da Marinha de 1957 sobre o nível da água, foi considerada a cota mínima deste nível, assim, estabeleceu-se o nível zero.

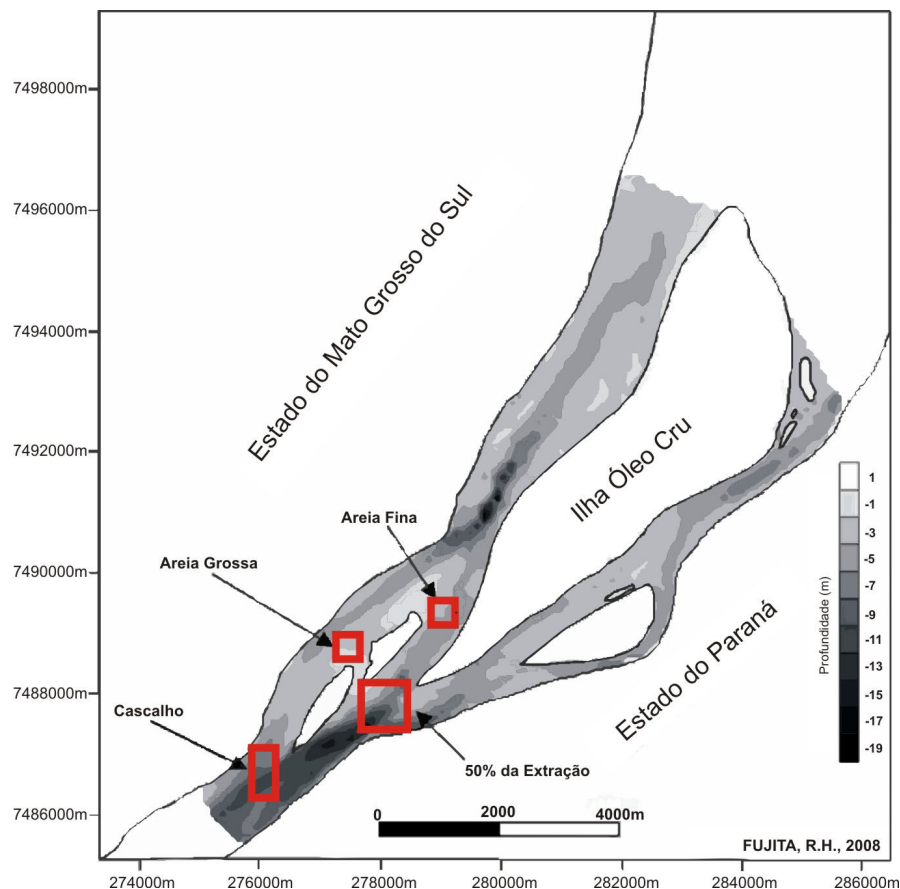


FIGURA 5. Mapa de localização dos pontos de extração de areia no alto curso do rio Paraná.

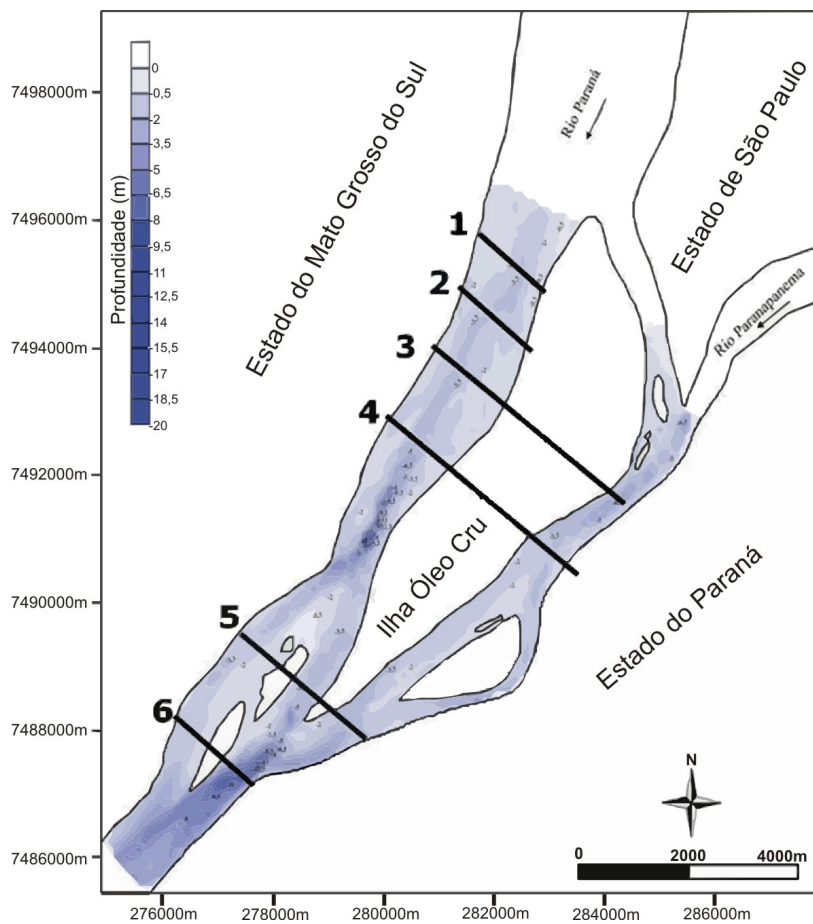


FIGURA 6. Mapa de perfis comparativos de profundidade do alto curso do rio Paraná dos anos de 1957 e 2007.

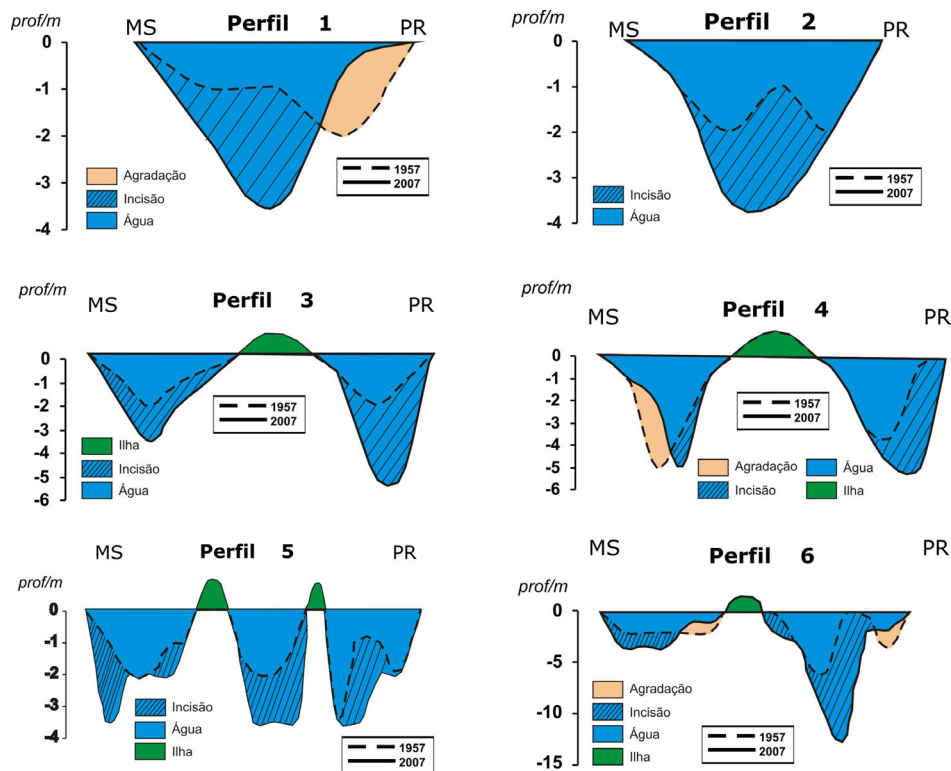


FIGURA 7. Esquema dos perfis do fundo do alto curso do rio Paraná dos anos de 1957 e 2007.

CONCLUSÃO

O volume de extração de areia no alto curso do rio Paraná, no trecho entre as cidades de Porto Rico e Porto São José, ambas situadas no Estado do Paraná, com uma área de exploração mineral de aproximadamente de 6 km, é ligeiramente inferior ao de reposição pelo sistema. Essa extração é realizada em diferentes pontos ao longo canal, possibilitando o preenchimento de sedimentos nos pontos de extração de areia rapidamente, reduzindo a pressão contra o sistema fluvial, como por exemplo, o aumento nas migrações de dunas submersas, e consequentemente o aumento da pendente do rio.

A área de maior concentração de extração de areia encontra-se num trecho do rio Paraná com tipo de canal anastomosado, esse tipo de canal possui maior competência de transporte de sedimentos de granulometria mais grosso, desse modo, favorece a exploração de um material mais selecionado. A comparação dos mapas dos anos de 1957 e 2007 do rio Paraná na área estudada, mostra que o canal tem uma tendência a incisão em alguns pontos, que pode estar relacionada a extração de areia. Esse aprofundamento no canal coincide com os pontos de maior extração de areia. Contudo, a construção do reservatório de Engenheiro Sérgio Motta, a montante, interferiu nas condições naturais do sistema fluvial. Assim, é pouco provável que a incisão citada esteja relacionada somente a atividade mineradora, tendo em vista que a extração de areia é menor que a taxa de reposição, como já foi abordado anteriormente.

O perímetro estudado do rio Paraná não apresenta um perfil de desequilíbrio. No entanto, o ajuste de um rio a uma nova situação, como por exemplo, uma intervenção antrópica, pode mascarar outros fatores

que influenciariam numa mudança do sistema fluvial, como alterações das condições climáticas regionais, que modificam o índice de pluviosidade e vegetação da bacia hidrográfica. Por isso, não podemos apontar um único fator como responsável para mudanças ou ajuste de um rio. Assim, pode-se concluir que a extração de areia no alto curso do rio Paraná não tem provocado mudanças no perfil do sistema fluvial. Embora exista modificação em áreas específicas onde ocorre o maior volume dessa atividade mineral, essas alterações são mínimas em comparação com as do mapa de 1957 da área. Essas modificações estão limitadas aos pontos da extração, não provocando mudanças na geomorfologia do canal, como na sua pendente e condições de fluxo.

As alterações no canal são mais visíveis quando relacionadas a construção do reservatório a montante de Porto Primavera, que fica numa distância de aproximadamente 32 km da área de estudo, onde se concentra a maior extração de areia em seu canal. Essas mudanças aparecem na dinâmica do fluxo da corrente que acaba interferindo no transporte de sedimentos, já que o represamento altera o processo de decantação das partículas que se encontram em suspensão, e também as outras formas de transporte por saltação e tração.

O padrão anastomosado do canal no alto curso do rio Paraná entre as cidades de Porto Rico e Porto São José no estado do Paraná, se mantém desde o início da atividade mineradora de extração de areia em seu canal, isso indica que não houve alteração significativa no sistema fluvial provocada pela extração de areia que teve sua origem no local em meados da década de 1950.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. AGOSTINHO A.A.; VAZZOLER, A.E.A.M.; THOMAZ, S.M. The high river Paraná basin: limnological and ichthyological aspects. In: TUNDISI, J.G.; BICUDO, C.E.M.; MATSUMURA-TUNDISI, T. (Eds.), **Limnological in Brasil**. Rio de Janeiro: Brazilian Academy of Sciences Brazilian Limnological Society, p. 59-103, 1995.
2. AGOSTINHO, A.A.; GOMES, L.C.; SUZUKI, H.I.; JÚLIO JR, H.F. **Migratory fishes of the upper Paraná River Basin, Brazil**. Maringá: Universidade Estadual de Maringá, Departamento de Biologia, Biologia Celular e Genética, p. 19-99, 2004.
3. AGOSTINHO, A.A.; RODRIGUES, L; GOMES, L.C. THOMAZ, S.M.; MIRANDA, L.E. **The upper Paraná River and its Floodplain: physical aspects, ecology and conservation**. Netherlands: Backhuys Publishers, p. 103-124, 2004.
4. ALMEIDA, R.O.P.O. **Revegetação de áreas mineradas: estudo dos procedimentos aplicados em mineração de areia**. São Paulo, 2002. 160 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia) – Departamento de Engenharia de Minas de Petróleo, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, Universidade de São Paulo.
5. **Área de Proteção Ambiental (APA) da ilhas e várzeas do rio Paraná**. Disponível em: <<http://www.ibama.gov.br/siucweb/mostraUc.php?seqUc=817>>. Acesso em: 10out2006.
6. BIGARELLA, J.J. & SUGUIO, K. **Ambiente fluvial**. Curitiba: Universidade Federal do Paraná / UFPR, 183 p., 1979.
7. CONAMA – CONSELHO NACIONAL DE MEIO AMBIENTE. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/conama>>. Acesso em: 05abr2007.
8. GALVÃO, V. **Determinação da capacidade de carga aos ambientes da planície aluvial do alto curso do rio Paraná, nos municípios de Porto Rico, São Pedro do Paraná (PR)**. Guarulhos, 2007. 120 f. Dissertação de Mestrado – Universidade de Guarulhos.

9. IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Classificação da vegetação da área ribeirinha à calha do Rio Paraná**. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/home/geociencias/recursosnaturais/sistematizacao/ex3.htm>. Acesso em: 11mai2007.
10. IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Juruá: carta internacional do mundo ao milionésimo**. Rio de Janeiro, 1982. 1 mapa: color. 70 cm x 50 cm. Escala 1:250.000.
11. IBGE – INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS S.A. **Avaliação preliminar dos problemas causados pela mineração no meio ambiente no Estado de São Paulo**. São Paulo: IPT; 1980. (relatório n. 14684).
12. LATRUBESSE, E.M.; STEVAUX, J.C.; SINHA, R. Tropical Rivers. **Geomorphology**, n. 70, p. 187-206, 2005.
13. MARTINS, D.P. & STEVAUX, J.C. Formas de leito e transporte de carga de fundo do alto rio Paraná. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, v. 6, n. 2, p. 43-50, 2005.
14. MOSSA, J. & McLEAN, M. **Channel Planform and Land Cover Changes on a Mined River Floodplain**. Estados Unidos: Department of Geography, University of Florida, p. 43-54, 1997.
15. POPP, J.H. Mineração e proteção ambiental: o único caminho possível. In: SEMINÁRIO NACIONAL DE RECUPERAÇÃO DE ÁREAS DEGRADADAS, 1, 1992, Curitiba. **Anais...** Curitiba: UFPR/FUPEF, 1992, p. 467-470.
16. SANTOS, M.L. **Fisiologia e evolução de barras de canal do rio Paraná na região de Porto Rico (PR)**. Rio Claro, 1991. 125 f. Dissertação (Mestrado em Geologia e Meio Ambiente) – Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista.
17. SANTOS, D.N. **Extração de areia e a dinâmica hidrosedimentar no alto curso do rio Paraná, na região de Porto Rico (PR)**. Guarulhos, 2008. 96 f. Dissertação (Mestrado) – Universidade de Guarulhos.
18. STEVAUX, J.C. The upper Paraná river (Brazil): geomorphology, sedimentology and paleoclimatology. **Quaternary International**, v. 21, n. 6, p. 143-161, 1994.
19. STEVAUX, J.C. & MARTINS, D.P. A dinâmica do fluxo e da carga de fundo no Paraná e nas desembocaduras de seus principais tributários: modelo para gerenciamento de grandes rios aluviais impactados por barragem, mineração e hidrovia. **Relatório final de projeto**, 2007. CNPq 470148/2004-7/ FAPESP 014057-5.
20. STEVAUX, J.C. & TAKEDA, A.M. Geomorphological processes related to density and variety of zoobenthic community of the upper Paraná River, Brazil. Berlin-Stuttgart: **Zeitschrift Für Geomorphologie**, v. 129, p. 143-158, 2002.
21. STEVAUX, J.C.; MARTINS, D.P.; MEURER, J.R. Changes in the Paraná river channel introduced by the Porto Primavera dam, Brazil. **Geomorphology**, 2008. No prelo.
22. THOMAZ, S.M.; AGOSTINHO, A.A.; HAHNS, N.S. **The Upper River Paraná and its floodplain: physical aspects, ecology and conservation**. Leiden: Backhuys Publishers, p. 127-131, 2004.

*Manuscrito Recebido em: 22 de junho de 2010
Revisado e Aceito em: 20 de setembro de 2010*