

Ferramentas de geoprocessamento aplicadas à análise temporal da variação do tamanho das ilhas do Rio Paraná, na raia divisória São Paulo, Mato Grosso do Sul e Paraná¹

*Edson Luís Piroli², Raquel Marrafon Nicolosi³,
Vanessa Ramos dos Santos⁴, Carlos Roberto de Melo³*

Resumo

Este trabalho teve o objetivo de avaliar as mudanças de tamanho ocorridas nas ilhas do Rio Paraná, entre os anos de 1984 e 2001, utilizando-se de ferramentas de geoprocessamento. Os resultados permitiram observar que a maior parte das ilhas avaliadas apresentou variações importantes de tamanho ou de formato.

Palavras-chave: geoprocessamento; ilhas; rio Paraná

Herramientas de geoprosesamiento aplicadas al análisis temporal de la variación del tamaño de las islas del Rio Paraná en el límite divisor de los estados de São Paulo, Mato Grosso do Sul y Paraná

Resumen

Al navegar por el río Paraná, entre los estados de São Paulo y Mato Grosso do Sul era muy común encontrar islas en la mayor parte del trayecto. Ellas se formaron por acúmulos depositados por el agua en determinados puntos a lo largo de miles de años. Actualmente, restan pequeñas islas en las proximidades de la represa del río, este trabajo quiso evaluar las mudanzas ocurridas en sus tamaños entre los años 1984 y 2001 usando herramientas de geoprosesamiento. Los resultados permitieron verificar que la mayoría de las islas presentaron variaciones importantes de tamaño y formato.

Palabras llave: geoprosesamiento; islas; río Paraná

Introdução

Ao navegar pelo Rio Paraná, entre os estados de São Paulo e Mato Grosso do Sul, era comum encontrar ilhas na maior parte do percurso, as quais foram formadas pelo acúmulo de sedimentos depositados pela água em determinados pontos, ao longo de milhares de anos. No entanto, a partir das décadas de 1960 e 1970, com o início dos projetos de construção das represas para geração de energia elétrica no rio, as ilhas começaram a desaparecer. A maioria em função da simples cobertura pela água acumulada nos reservatórios e algumas pela corrosão causada pela liberação, em determinados períodos, de grandes volumes de água, pela abertura de comportas.

Atualmente, restam algumas pequenas ilhas em alguns locais dos reservatórios, principalmente em áreas mais à montante, próximas ao início do represamento do rio. Além disso, são também encontradas ao longo de parte do município de Rosana, SP, onde o Rio Paraná tem um dos seus poucos trechos de água corrente no Estado de São Paulo. Esta água corrente e o leito do rio próximo do que era naturalmente não impedem, no entanto, que as ilhas da área enfrentem no momento graves problemas, principalmente de erosão e de assoreamento. Além disso, parte do material utilizado na construção da barragem da represa da usina hidroelétrica Sérgio Mota, localizada no município, ficou acumulado no leito do rio e agora ao se somar com o material trazido pelos tributários do Paraná,

1 Trabalho desenvolvido com apoio da Fapesp através do projeto temático processo 05/55505-3.

2 Professor Assistente, Dr., Unesp, *Campus* Experimental de Rosana, São Paulo, Brasil. Endereço para correspondência: Travessa dos Ipês, 67, Quadra 38, Primavera, Rosana, SP. CEP: 19274000. elp@rosana.unesp.br

3 Bacharel em Turismo. Pós-Graduanda no Master en Dirección y Planificación do turismo, na USC (Universidade de Santiago de Compostela), Espanha.

4 Acadêmicos do Curso de Turismo com ênfase em Meio Ambiente da Unesp, *Campus* Experimental de Rosana, SP.

quase em sua totalidade assoreados e com o material erodido de algumas ilhas, está gerando um processo de criação de novas ilhas.

Souza Filho et al. (2001) afirmaram que após a conclusão da barragem de Porto Primavera e a formação do seu reservatório no final de 1998, houve significativas alterações na dinâmica do alto curso do Rio Paraná.

Hayakawa (2007) afirma que atualmente a carga de sedimentos em suspensão na porção de água corrente do Rio Paraná – área analisada nesta pesquisa – é pouco significativa. Porém, salienta que ainda há a movimentação de sedimentos do próprio leito do rio, o que tem causado alterações na localização dos bancos de areia no leito do rio.

Para a análise destas questões, Brites et al. (1998) recomendam o uso do geoprocessamento, que vem se tornando uma ferramenta importante para a execução de projetos relacionados à área de meio ambiente. Isto porque as vastas áreas normalmente abrangidas por estes projetos, bem como o grande número de variáveis contempladas por eles, fazem do uso do geoprocessamento o principal recurso para o manuseio das grandes bases de dados envolvidas neles, sejam elas de natureza espacial ou não.

Conforme Novo (1992), os dados de sensoriamento remoto têm ampla aplicação na descrição quantitativa de bacias hidrográficas e redes de drenagem. Assim, uma série de estudos morfométricos, antes realizados a partir de dados extraídos de cartas topográficas, passaram a ser feitos com base em dados de sensoriamento remoto, ou seja, nas imagens coletadas por sensores remotos.

De acordo com Pinto (1991), a utilização de imagens orbitais obtidas através do Landsat tem se intensificado na medida em que suas potencialidades, em diferentes aplicações temáticas, tem sido demonstradas e resultados concretos foram alcançados. Os melhores resultados tem sido encontrados na discriminação de alvos que ocorrem na superfície, para mapeamentos e monitoramento ambiental, destacando-se as imagens orbitais pelas suas características espectrais e pela sua repetitividade.

Este trabalho foi desenvolvido buscando quantificar o impacto das alterações nas ilhas do Rio

Paraná, entre os anos de 1984 e 2001, sobretudo sobre suas formas e tamanhos. Buscou ainda, identificar e localizar novas ilhas que estão se formando em áreas de assoreamento intenso.

Materiais e métodos

Os materiais utilizados no desenvolvimento do trabalho foram:

- Uma imagem do satélite Landsat 5 – *Thematic Mapper*, de 29 de setembro de 1984;
- uma imagem do satélite Landsat 7 – *Enhanced Thematic Mapper*, de 19 de agosto de 2001;
- equipamentos de informática (computador, impressora, entre outros);
- um aparelho de GPS de navegação;
- um barco equipado com motor;
- materiais de escritório e de campo;
- aplicativos de edição de textos, tratamento de imagens e o Sistema de Informações Geográficas (SIG) Idrisi for Windows 32.

Metodologia

O trabalho consistiu da georreferência das imagens de satélite dos anos de 1984 e de 2001, no aplicativo *Idrisi for Windows*. Em seguida, as imagens georreferenciadas foram analisadas e comparadas, buscando-se a identificação das alterações ocorridas nas ilhas no período compreendido entre a obtenção das duas imagens. Na mesma época, buscou-se a documentação histórica referente ao processo de ocupação regional para tentativa de compreensão dos fatores geradores da situação atual.

Cada ilha da área de estudo foi visitada em pelo menos três épocas distintas, buscando-se analisar as possíveis variações decorrentes dos períodos de enchente, de seca e de vazão normal do rio. Importante frisar que as duas imagens, tanto a de 1984 quanto a de 2001 foram obtidas em período de seca na região estudada.

Nas expedições para o estudo das ilhas, anotaram-se informações referentes aos processos de erosão, de assoreamento, características da água, do solo, da vegetação, da fauna e demais modificações antrópicas.

Resultados e discussão

Análise temporal das imagens de satélite

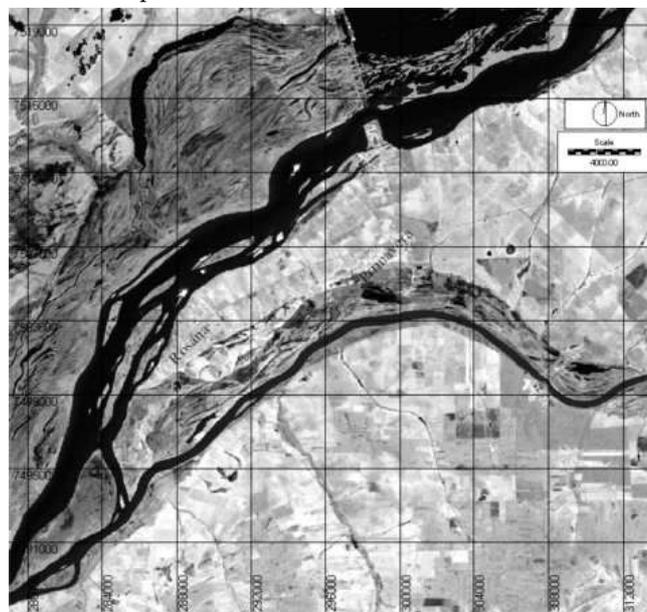
Na imagem de satélite de 1984 (Figura 1) pode-se observar o início do processo de construção da barragem do Reservatório Porto Primavera. Nela já podem ser notadas algumas modificações no leito do rio e no fluxo natural da água. O primeiro aspecto que chama a atenção é a diminuição da água nas várzeas do Mato Grosso do Sul, na região conhecida como Pantanalzinho, que teve modificações ambientais importantes no seu grau de umidade e inundação.

A figura 1 mostra a composição 5,4,3 da imagem do satélite Landsat 5 TM do ano de 1984 da área de estudo. Nela podem ser observados o Rio Paraná (de águas azuis escuras), ao Norte e Oeste, e o Rio Paranapanema no Centro Sul, com águas em tonalidades de azul mais claro.

Podemos observar na imagem o Distrito de Rosana (atual sede do município de mesmo nome) e o Núcleo Habitacional de Primavera, na época em construção pela CESP.

A figura 2 mostra a área de estudo em 2001. Pode-se verificar que as duas represas já estavam concluídas, com seus reservatórios cheios. Nesta

Figura 1. Composição falsa cor 5,4,3 da imagem do satélite Landsat 5 TM da área de estudo no ano de 1984, destacando os rios Paraná e Paranapanema e as áreas urbanas de Rosana e Primavera.



Pode-se observar também que à montante da represa, ainda são visíveis as ilhas existentes na área.

Se observarmos as ilhas à jusante da barragem, verificamos que elas já apresentavam na época importantes modificações relacionadas à sua cobertura vegetal, decorrentes da ocupação, que, já naquele período, implicava em atividades de agropecuária e, em menor escala, na instalação de moradias com casas de veraneio (denominadas regionalmente de ranchos).

Deve-se destacar ainda, que no Rio Paranapanema, ao Sul da imagem, havia a construção de outra barragem, a represa de Rosana.

figura, ao observarmos as ilhas existentes no leito do Rio Paraná, à jusante da represa, verificamos que ocorre uma variação bastante intensa em suas formas, tamanhos e ocupação.

Iniciaremos agora a análise mais apurada de cada trecho do rio, com o objetivo de facilitar a compreensão das modificações ocorridas nas ilhas.

Note-se na figura 3 o detalhe da construção da barragem na imagem de 1984 e a mesma já pronta em 2001. As ilhas foram enumeradas para facilitar a análise. As ilhas surgidas depois de 1984, presentes apenas na imagem da direita, de 2001, são identificadas com letras.

Figura 2. Composição falsa cor 5,4,3 da imagem do satélite Landsat 7 ETM da área de estudo no ano de 2001, destacando os rios Paraná e Paranapanema e as áreas urbanas de Rosana e Primavera.

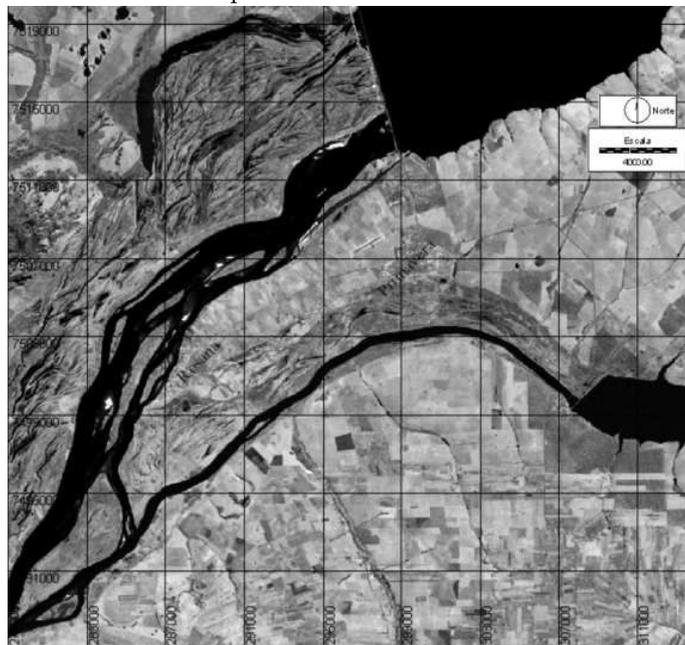
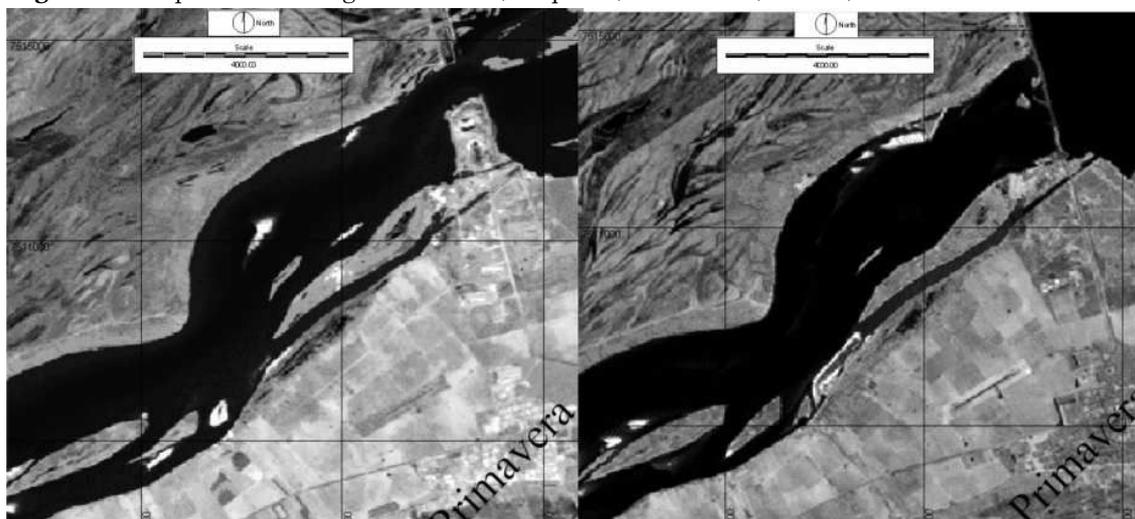


Figura 3. Área próxima à barragem em 1984 (à esquerda) e em 2001 (à direita).



Pode-se observar que a ilha 1 teve um importante aumento de tamanho principalmente à jusante, fruto do acúmulo de sedimentos levados pela correnteza do rio, sobretudo durante o período de construção da represa. Este aumento foi da ordem de 12,8 hectares (ha) em 1984 para 35 ha em 2001. Na sua seqüência, à jusante, estão se formando mais duas ilhas (a e b), com área total de 9,8 há em 2001.

Deve-se atentar para o canal do rio desviado nessa direção, na imagem de 1984, durante a construção da barragem.

Já as ilhas 2 (24,7 ha) e 3 (7,9 ha) desapareceram muito provavelmente devido à erosão causada pelo grande volume de água direcionado a elas ao longo de quase duas décadas. Considere-se que antes da construção das barragens a ocorrência de enchentes

no período do verão era normal. No entanto, durante o período de construção da obra, o volume de água aumentado nas épocas de cheias e concentrado no canal foi, provavelmente, o fator determinante para o desaparecimento destas ilhas.

A ilha 4, por estar também no caminho das águas, teve uma diminuição significativa. Seu tamanho que em 1984 era de 17,3 ha reduziu-se para 7,12 ha em 2001. A figura 4 mostra fotografias atuais da margem da ilha. Note-se as árvores caídas na figura da esquerda e o sistema radicular completamente exposto da mangueira da figura da direita.

A ilha 5 manteve-se praticamente inalterada, pois entre ela e a margem do rio passa o canal da eclusa

e em 2001 ela havia sido reduzida para 136 ha. A figura 6 mostra à montante desta ilha, destacando o intenso processo de corrosão da sua cabeceira.

A ilha 9, em 1984, tinha uma área de 27,9 ha. Em 2001 ela havia sido reduzida para 12,8 ha, o que ratifica a intensa corrosão verificada nos trabalhos de campo e observada na imagem de satélite.

A ilha 10 apresentava área de 9,4 ha em 1984 e atualmente apresenta 3,1 ha. Ou seja, esta teve uma redução de quase 70% de sua área.

A ilha 11 manteve exatamente a mesma área nas duas épocas. A manutenção da cobertura vegetal original pode explicar porque ela não teve redução de área, devido à proteção contra a erosão dada pelas raízes da vegetação.

Figura 4. Fotografias da ilha 4 mostrando os impactos da erosão.



do reservatório. No entanto, em sua jusante pode-se observar que houve a formação de uma nova ilha (c), com área de 45,7 há em 2001. Já a ilha 6, na seqüência da 5, teve alteração de forma e tamanho no período compreendido entre a tomada das duas imagens.

A ilha 7 perdeu parte de seu terreno a sudeste e teve um acúmulo de sedimentos a sudoeste, tendo, com isso, sofrido alteração na sua forma e tamanho.

A figura 5 apresenta a seqüência das ilhas à jusante.

À montante da ilha 8, em 1984, havia uma pequena ilha com área de 2,94 ha que não é mais visível em 2001. Além disso, também à montante desta ilha, houve um intenso processo de corrosão, presente até os dias de hoje, o que tem feito a ilha diminuir de tamanho. Em 1984 a área da ilha era de 147,8 ha

Já a ilha 11a apresentou uma pequena redução de área. A ilha 12 teve importante modificação em sua forma e também em seu tamanho, passando de 26 ha em 1984 para 12,7 ha em 2001. Note-se que na imagem do ano de 2001 verifica-se, à montante desta ilha, uma retirada intensa do material superficial, mas ainda se identifica sua presença abaixo da linha d'água pela reflectância do solo coberto por pequena lâmina de água.

As ilhas 13 e 14, na imagem de 1984, são interligadas, somando uma área total de 18,7 ha. Em 2001 essa área havia sido dividida, restando 14,5 ha, totalmente separada em duas ilhas.

Deve-se destacar na figura 5, a presença de 3 novas ilhas em formação (letras d, e, f), o que está ocorrendo provavelmente pelo acúmulo de

Figura 5. Seqüência da análise das ilhas a jusante do Rio Paraná.

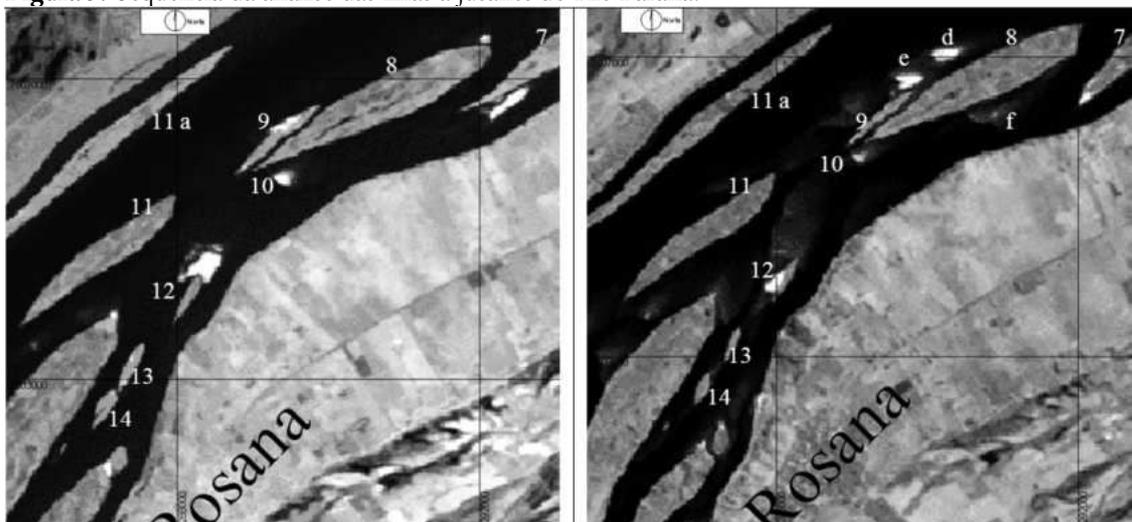


Figura 6. Processo de corrosão da ilha, no qual blocos de solo vão se soltando. Aqui, pode-se observar que ela está sendo dividida em duas. Na foto da direita vê-se uma embaúba derrubada pela erosão.



sedimentos em pontos onde a água diminui de velocidade e volume em determinados períodos.

Conforme pode ser observado na figura 7, a ilha 15 manteve-se praticamente com o mesmo tamanho e formato, tendo perdido uma pequena área entre as duas datas de tomada das imagens. A exemplo da ilha 11a, esta também está localizada na margem do Mato Grosso do Sul, em um ponto onde a correnteza é menos intensa.

A ilha 16 manteve-se com área superior a 420 ha nas duas imagens, o que demonstra, juntamente

com as outras ilhas de maior porte cujo tamanho determina um menor risco de perda de solo com a correnteza. Este fato pode ser explicado também pela presença de vegetação de maior porte nestas áreas, o que confere maior resistência ao solo, suportado pelas raízes, à ação da água. No entanto, conforme pode-se observar na figura 8, atualmente esta ilha está sofrendo um processo de erosão intensificado. Observe-se também nesta figura que o proprietário da porção da ilha à montante está tentando protegê-la da erosão com o uso de pneus.

Figura 7. Seqüência da análise das ilhas.

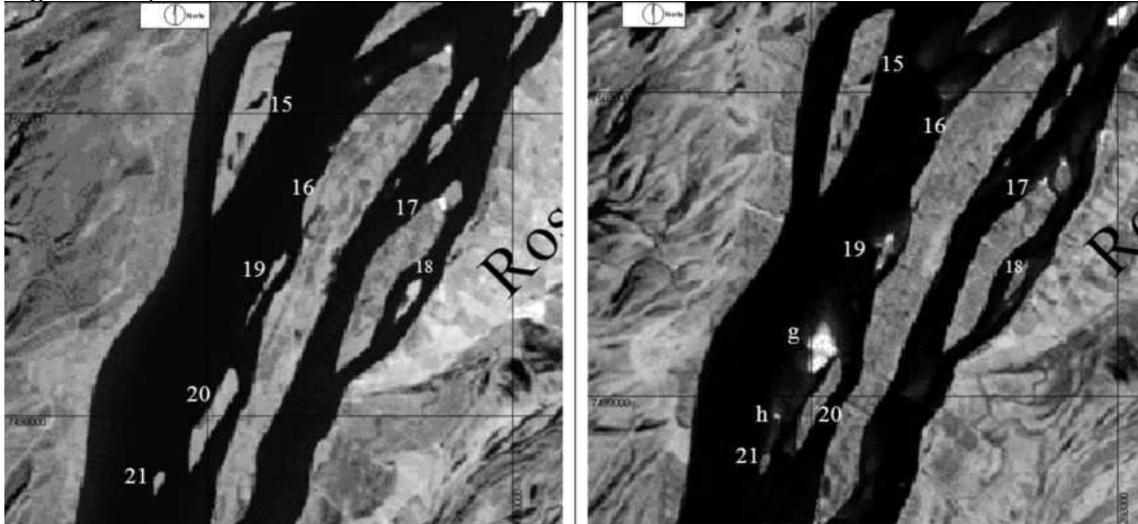


Figura 8. Proteção da ilha com pneus. As flechas destacam as árvores caindo juntamente com as porções do solo que as sustentam.



A ilha 17, apesar de ter sofrido a abertura de um canal na sua porção à montante, manteve aproximadamente a mesma área. O que pode explicar este fato é o acúmulo de sedimentos na cabeceira da ilha, trazidos de outros pontos do rio e sobretudo de outras ilhas.

A ilha 18 teve uma diminuição de 1,4 ha em sua superfície. Já a ilha 19 manteve sua área. No entanto, nesta pode-se observar que houve alteração em sua forma, o que indica que o material foi retirado de alguns pontos e depositado em outros, na mesma ilha.

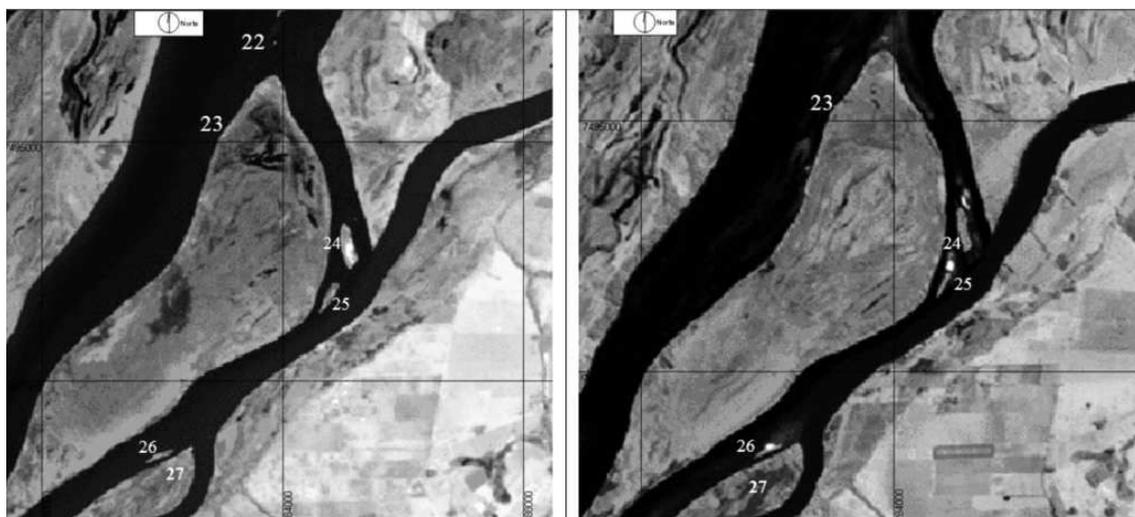
A ilha 20 apresentou redução de área de 1984 até 2001 (de 32,6 ha para 26,8 ha). A ilha 21 manteve a mesma área.

Na análise desta figura deve-se destacar que, a exemplo da figura 5, pode-se observar o processo de formação de novas ilhas (letras g e h), o que indica um intenso processo de assoreamento nas regiões onde a velocidade da água diminui.

A figura 9 apresenta a porção final do Rio Paraná no Estado de São Paulo.

Na análise das ilhas da porção final do Rio Paraná, no Estado de São Paulo, devemos observar

Figura 9. Análise das ilhas na porção final do Rio Paraná no Estado de São Paulo.



o processo de assoreamento presente ao redor da ilha maior (número 23), denominada regionalmente de “óleo cru”. Além disso, deve-se destacar que a ilha 24 tinha uma área de 16,31 ha em 1984 e atualmente foi reduzida para 13,31 ha. Importante salientar que em sua montante pode-se observar a total ausência de materiais acumulados na imagem de 1984. No entanto, em 2001 já podia-se identificar grande área assoreada. Este aspecto também é visível nas ilhas 25 e 26.

Análise dos resultados

Na análise individual das ilhas verificamos que a maior parte delas teve modificações importantes de forma e tamanho. Observamos que aquelas localizadas nas áreas de maior correnteza do rio estão sofrendo intensos processos de erosão. Nestes casos, a vegetação presente no barranco está invariavelmente sendo derrubada e arrastada para o leito do rio. A figura 10 representa bem esta situação, mostrando à esquerda uma mangueira adulta e à direita uma jaqueira também adulta. Ambas derrubadas pela água, agora fatalmente serão arrastadas pela correnteza para o leito do rio. Devemos prestar atenção na situação do solo, extremamente arenoso e por isso com baixa capacidade de suporte às investidas da água,

principalmente, considerando-se a oscilação de nível que encharca-o por um período e posteriormente o resseca, enfraquecendo-o ainda mais.

Aquelas ilhas posicionadas em áreas de menor fluxo ou em remansos estão tendo acúmulo de sedimentos trazidos pela água. Além disso, está ocorrendo o processo de surgimento de novas ilhas e um intenso assoreamento do fundo do rio em diversos locais.

Este processo, de acordo com Crispim (2001), ocorre devido a alterações significativas ocorridas na velocidade da água e do deslocamento das formas de leito ao longo do tempo.

Esta diminuição da profundidade em alguns locais traz uma série de problemas principalmente para a navegação, pois o Rio Paraná é considerado uma importante hidrovia, que, no entanto, na região, é pouco utilizada para o transporte de cargas. Além disso, diversas espécies de peixes, como o jaú, por exemplo, que necessitam de habitats espaçosos e profundos, passam a ter problemas para se adaptarem a estas novas condições, apresentando, já na atualidade, populações muito reduzidas e correndo o risco da extinção na região.

O relatório de impacto ambiental da Usina Hidroelétrica Engenheiro Sérgio Motta já previa a possibilidade de prejuízos nas ilhas da área de estudo.

Figura 10. Mangueira adulta à esquerda e jaqueira também adulta à direita, ambas derrubadas pela força da água do Rio Paraná em suas constantes oscilações.



No entanto, não obrigou a empresa construtora da usina a protegê-las, o que tem contribuído ainda mais para a degradação das ilhas.

Considerações finais

Com as análises de campo e dos dados apresentados, pôde-se verificar que a maior parte das ilhas da única porção com água lótica do Rio Paraná no Estado de São Paulo tem sofrido impactos consideráveis pela constante variação do seu nível de água.

No entanto, este fator não é exclusivo para a ocorrência do problema, a devastação florestal a que foi submetida toda Bacia do Rio Paraná, principalmente no Estado de São Paulo, também é determinante para esta situação, uma vez que o solo, que na maior parte da bacia é pouco estruturado e

pouco resistente à erosão, sem a sua cobertura natural, não consegue resistir e acaba arrastado para o leito dos rios e córregos da região, terminando por ser carregado até o Rio Paraná.

Desta forma, urge a tomada de consciência de que o gerenciamento integrado da bacia hidrográfica pode ser uma solução para reversão deste quadro.

Observou-se ainda, que a utilização das ferramentas de geoprocessamento possibilitou, em conjunto com os trabalhos de campo, as análises adequadas e o alcance do objetivo proposto no trabalho, permitindo a manipulação de grande volume de dados e a análise sinóptica da área de estudo.

Referências

Apresentadas no final da versão em inglês.