

DINÂMICA DE INUNDAÇÃO DE ÁREAS SAZONALMENTE ALAGÁVEIS NA PLANÍCIE ALUVIAL DO ALTO RIO PARANÁ: ESTUDO PRELIMINAR

ÉDER COMUNELLO¹
EDVARD ELIAS DE SOUZA FILHO²
PAULO CESAR ROCHA³
MARCOS RAFAEL NANNI²

¹Embrapa Agropecuária Oeste
Caixa Postal 661 - 79804-970 - Dourados - MS, Brasil
eder@cpao.embrapa.br

²UEM - Universidade Estadual de Maringá
{eesfilho, mrnanni}@uem.br

³UFMS/CEUL - Universidade Federal de Mato Grosso do Sul - Campus de Três Lagoas
pcrocha@ceul.ufms.br

Abstract. Upper Paraná River Alluvial Plain is a great complex of landscapes, influenced by different hydrosystems (Baía, Ivinhema and Paraná rivers) that are interconnected and interact, unchaining outstanding seasonal modifications, like the flood phenomenon, driving force of many biological processes (connection with water bodies and exchanges of nutrients and organisms, allowing the feeding and reproduction of many biological communities). The maintenance of this processes ensures the productivity of the system, and its understanding is necessary for identify and quantify impacts that affect this macrosystem. Thereby, the goal of this paper is a preliminary description of the dynamics of the inundations phases, determining its control variables. This work was based in a set of altimetrics data and Landsat images, which was manipulated in a GIS (Spring 3.5.1), allowing analyze different scenarios given by different water levels of the distinct hydrosystems studied. The image interpretation allowed to evaluate a dynamic distinct of that was speculated until then. Coupling the images with water levels series was possible infer that floods can happen so much for exclusive action of Paraná River (40%), as for exclusive action of Ivinhema River (28%) or for the combined action of these two (30%). Was lacked data in 2% of the occurrences.

Keywords: remote sensing, fluvial geomorphology, alluvial plain, flood, inundation.

1. Introdução

Tendo sua origem nas mudanças climáticas ocorridas no período Quaternário, a formação da planície aluvial do Alto Rio Paraná se deve, em grande parte, à modificação do padrão de drenagem, que passou de anastomosado para um padrão de canal similar ao entrelaçado (Fernandez & Souza Filho, 1995). Neste processo, houve a migração do canal principal para o lado esquerdo, que se aprofundou, expondo parte do antigo leito na margem direita (planície de inundação atual). À medida que o canal principal foi migrando, canais e ilhas foram sendo abandonados, havendo a deposição de material sedimentar sobre e entre estas formas (Souza Filho & Stevaux, 1997). O resultado de todo este processo pode ser evidenciado hoje pela superfície descontínua apresentada pela planície, lhe conferindo uma elevada complexidade paisagística, expressa por uma grande diversidade de ecossistemas (canais, lagoas, baixios, etc.) que podem ser agrupados em três grandes sistemas hidrológicos, controlados pelos rios Baía, Ivinhema e Paraná. Apesar das significativas diferenças entre estes sistemas (ou subsistemas), no que diz respeito aos seus constituintes físico-químicos e bióticos, mecanismos de interação são observados, quer seja pela unificação do sistema em grandes cheias, quer seja pela comunicação através de uma rede de canais secundários (**Figura 1**). Fenômenos pouco usuais como a inversão de fluxo são resultado desta interação, tendo como causa as variações de nível entre os distintos rios componentes.

Constata-se também uma grande variabilidade temporal decorrente de drásticas modificações sazonais, especialmente no que se refere às variações nos níveis fluviométricos. Na fase de crescente (incremento destes níveis), diferentes biótopos expandem sua superfície e profundidade, originando ligações com outros ambientes. Este mecanismo de conexão é o meio mais usual para que diversas comunidades possam acessar ambientes localizados na planície, desenvolvendo ali processos de alimentação e reprodução (Lowe-McConnell, 1999). Estas conexões podem implicar também em diferenças na qualidade da água.

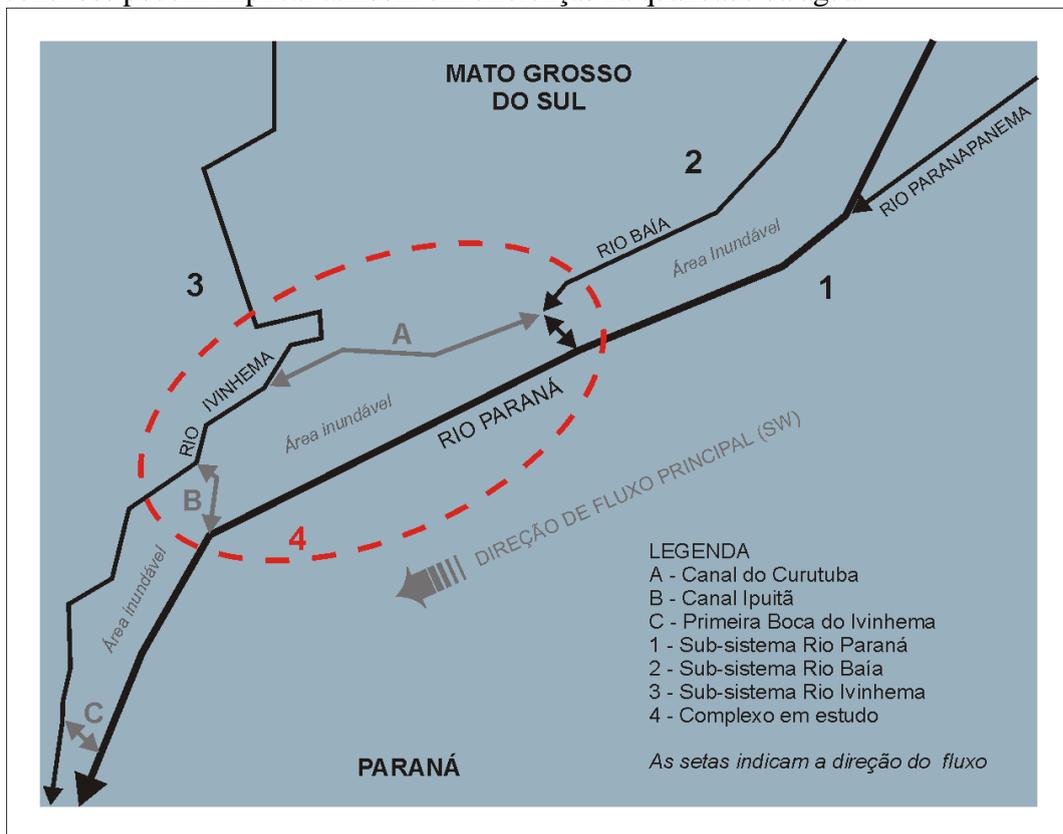


Figura 1. Diagrama esquemático da área de estudo.

Contudo, a alta variabilidade intrínseca não reflete, necessariamente, instabilidade. E vários estudos têm demonstrado a influência das alterações hidrológicas nas flutuações populacionais de comunidades biológicas e fazem supor que a variabilidade é imprescindível ao processo sucessional e garantia de perpetuação da biota (Vazzoler et al., 1997; Lowe-McConnell, 1999).

A despeito disto, o ambiente em estudo vem sendo degradado pela ação de diversas fontes de impacto, originadas pela exploração indiscriminada dos recursos naturais. Dentre estas fontes, os barramentos (usinas hidroelétricas) são considerados como a principal causa de impactos sobre a planície aluvial, por modificarem as características naturais do regime hidrológico, tais como época e magnitude (Agostinho & Zalewski, 1996; Rocha et al., 1998). Além disto, os sucessivos barramentos levaram a uma supressão de área da planície, de forma que esta se estende hoje por 230 km frente aos 480 km originais (Souza Filho & Stevaux, 1997). O trecho remanescente se localiza entre a Usina Hidroelétrica (UHE) Engenheiro Sérgio Motta (Porto Primavera, SP) e o remanso do reservatório da UHE de Itaipu (Guaíra, PR) (Figura 2).

Ao examinar a concepção corrente sobre a dinâmica de inundações do ambiente em estudo, constata-se uma relativa carência de estudos mais aprofundados, e embora se reconheça que o ambiente está sob impacto, os estudos desenvolvidos até então (Thomaz et

al., 1992; Thomaz et al., 1997; Vazzoler et al., 1997) são carentes de metodologias que permitam quantificá-lo e compreendê-lo. Desta forma, têm-se preferido o desenvolvimento de estudos de caráter descritivo, ou então, apoiados em inferências, bastante genéricas a respeito do funcionamento do sistema. Se considerarmos que todos estudos realizados apontam as alterações hidrológicas como principal força condutora da estrutura e processos desenvolvidos pelas comunidades biológicas neste ecossistema, é inconcebível que não haja interesse em estudos que procurem aprofundar o conhecimento sobre como as comunidades bióticas se interrelacionam com o meio em que elas ocorrem.

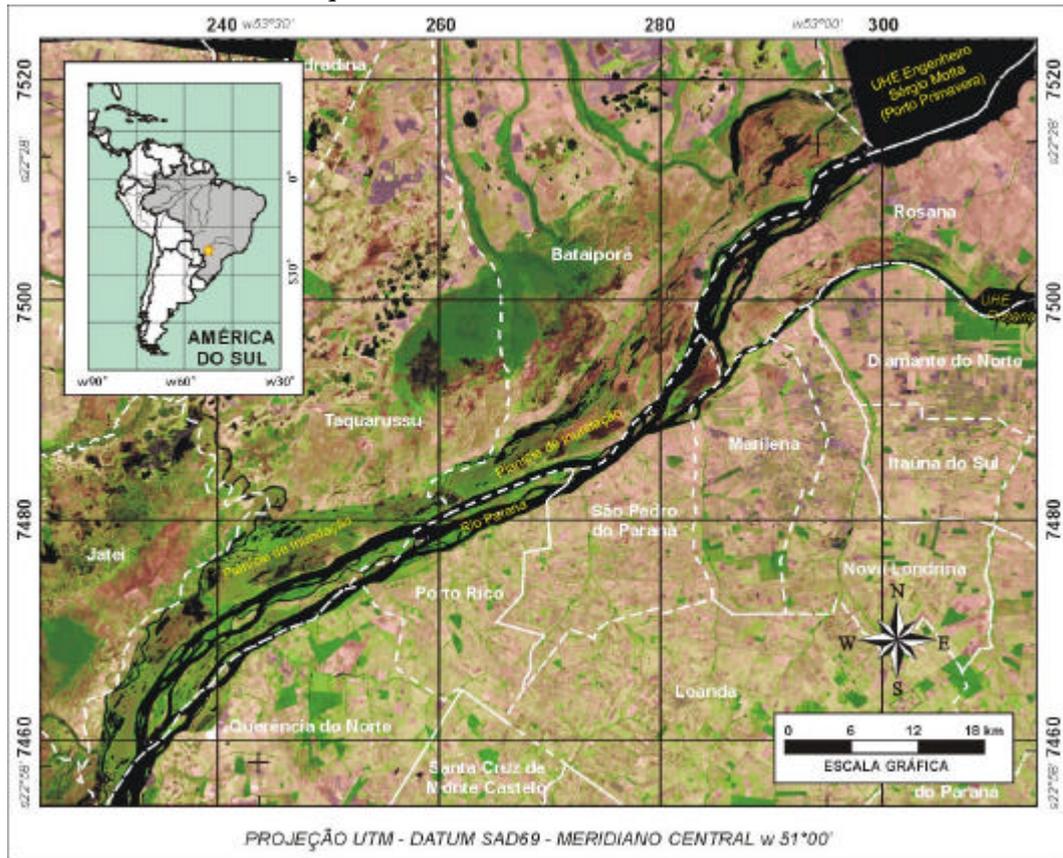


Figura 2. Localização da planície aluvial do Alto Rio Paraná.

É de senso comum que o processo de inundação neste ambiente é desencadeado única e exclusivamente a partir do nível fluviométrico do Rio Paraná. Entre as principais razões para discordar desta concepção estão as observações relatadas em FINEP (1995), onde levanta-se a hipótese de que, dependendo do compartimento da planície analisado e do nível fluviométrico de outros sistemas hidrológicos, o Rio Paraná pode ter sua influência drasticamente reduzida, com a possibilidade de se desenvolverem cheias locais de ação exclusiva de outros sistemas, como aquelas observadas nas imediações do Baixo Ivinhema (área núcleo). Além disso, são várias as comunicações pessoais que relatam assincronia entre picos de inundação nos diferentes hidrossistemas ou a ocorrência de cheias locais no Baixo Ivinhema, quando os níveis do Rio Paraná estavam relativamente baixos.

Um outro problema conceitual diz respeito à análise desses ambientes considerando apenas as duas fases extremas (cheia e vazante), que acaba desprezando uma grande diversidade de cenários intermediários, com implicações ecológicas distintas. A análise dos níveis intermediários, correlacionando-os com a área inundada, poderia levar a definição de limiares, a partir dos quais se estabelece a conexão entre diferentes ambientes. Estas informações são imprescindíveis para que se possa avançar no entendimento dos fenômenos

ecológicos associados, embasando a proposição de protocolos e ações. Em outras palavras, possibilitariam elucidar questões fundamentais para a racionalização dos procedimentos operacionais de barramentos à montante (limiar de operação), assegurando condições mínimas ao desenvolvimento da biota, através da manutenção de cheias “funcionais” e, conseqüentemente, garantindo a integridade do sistema.

Através do estabelecimento de correlações entre níveis fluviométricos, área inundada e períodos, pode-se chegar à modelagem do processo de inundação. Dada a complexidade desta tarefa, o uso de técnicas baseadas em recursos computacionais, tais como o emprego de Sistemas de Informações Geográficas (SIG), tem dado grande impulso à modelagem de sistemas ambientais (Christofoletti, 1999). O uso de SIG possibilitaria gerar mapas a partir da série histórica de níveis fluviométricos, demonstrando as condições a que o sistema se submeteu ao longo do tempo, elucidando a dinâmica de inundação de maneira suficientemente clara para permitir a simulação e a inferência sobre cenários futuros. Neste ponto devemos citar o sensoriamento remoto como uma das principais fontes de dados e informações correlacionáveis para construção, refinamento e validação de modelos utilizados na análise da paisagem (Lillesand & Kiefer, 1994).

A modelagem da dinâmica de inundação utilizando SIG e sensoriamento remoto, têm sido alvo de estudos recentes, como o desenvolvido por Smith (1997), que apresenta uma revisão bastante esclarecedora e completa sobre o assunto. Contribuições significativas também são dadas por Townsend & Walsh (1998), que utilizaram sensoriamento remoto e SIG para modelar a dinâmica de inundação no Rio Roanoke, na Carolina do Norte (EUA) e por Whigham & Young (2001), que modelaram as interações entre o Rio Murray-Darling e sua planície de inundação na Austrália.

Desconsideradas pequenas diferenças operacionais, os métodos empregados valem-se da observação de imagens em situações de inundação distintas, correlacionando a área inundável com os níveis fluviométricos (hidrógrafa), ou se baseiam na construção de Modelos Numéricos de Terreno (MNT) para posterior inferência da área inundada (altitude do nível fluviométrico e adjacência das áreas em relação ao rio).

O primeiro método, mais simples, já é empregado há muito tempo, como no estudo realizado na Argentina por Dominguez & Carballo (1982) que utilizaram imagens do sensor MSS (Landsat 4) para verificar inundações no Rio Salado e gerar mapas de risco. A principal desvantagem deste método é que ele requer a interpretação de um número razoável de imagens orbitais. Já o segundo método, que faz uso de modelos tridimensionais, faz uma abordagem mais determinista no estudo de inundações (Townsend & Walsh, 1998), tendo como desvantagem a necessidade de se obter dados altimétricos da área de interesse com um elevado grau de detalhe. Muito embora os dois métodos possam ser empregados isoladamente, há a possibilidade de conciliá-los. Neste caso, poder-se-ia utilizar o modelo tridimensional para descrever o funcionamento do sistema, validando-o pelo emprego do primeiro método, ao comparar as áreas indicadas pelo modelo com aquelas determinadas sobre produtos de sensoriamento remoto (aerofotos e ou imagens orbitais).

Considerando o potencial da aplicação das ferramentas de geoprocessamento na modelagem da planície aluvial do Alto Rio Paraná, este trabalho tem por objetivo realizar uma descrição preliminar deste macrossistema com vias a direcionar e implementar estudos futuros. Como objetivos específicos define-se:

- a) avaliar a interação e participação dos diferentes sistemas hidrológicos,
- b) identificar e diferenciar as áreas inundáveis em diferentes níveis fluviométricos,
- c) estabelecer os níveis fluviométricos que determinam o processo de conexão superficial e a unificação periódica de diferentes biótopos,
- d) analisar categorias intermediárias às fases extremas (cheia e vazante).

2. Material e Métodos

Como unidade físico-ambiental de estudo, escolheu-se o compartimento de planície aluvial, compreendido entre os rios Baía, Ivinhema e Paraná (**Figura 1**), já que, estando em contato com todos hidrossistemas, esta área possibilita visualizar possíveis interações. Além disso, esta unidade abrange grande parte daquela que é considerada a área núcleo a ser preservada na planície aluvial do Alto Rio Paraná (Agostinho & Zalewski, 1996).

A grande maioria dos estudos em planícies de inundação recomendam o uso de imagens de radar, devido a este sistema operar independentemente de condições de luminosidade ou clima e ter grande penetração em coberturas vegetais densas (Smith, 1997). Apesar disto, optou-se pela utilização de imagens adquiridas por sistema passivos, mais especificamente, da série Landsat, já que, no caso da planície aluvial em estudo, as vantagens apresentadas pelas imagens de radar não são tão significativas. Uma pelo fato da cobertura na várzea ser bastante esparsa (campos) e outra pela existência de imagens (Landsat) em número e condições de visibilidade suficientes para a discriminação do processo.

Sendo assim, foram utilizadas imagens dos satélites Landsat 5 e 7, obtidas dos acervos da Universidade Estadual de Maringá (UEM). Foram selecionadas composições em meio analógico e digital, referentes as cenas 223/076 e 224/076. A **Tabela 1** fornece maiores informações sobre as cenas utilizadas.

Tabela 1. Informações gerais sobre as imagens orbitais utilizadas.

Data	Landsat	Cena	Bandas	Mídia	P. S. José*	Ivinhema*
10/02/1987	5	223/76	2, 4, 5	Papel	287	295
17/01/1990	5	223/76	3, 5, 7	CD	788	*
05/02/1991	5	223/76	3, 4, 5	Papel	504	148
30/01/1992	5	224/76	3, 4, 5	Papel	542	101
15/02/1992	5	224/76	3, 4, 5	Papel	609	135
15/06/1992	5	223/76	3, 4, 5	Papel	317	406
05/04/1995	5	223/76	3, 4, 5	CD	349	197
20/08/1996	5	224/76	3, 4, 5	CD	270	*
22/12/1997	5	223/76	Todas	CD	403	410
26/08/1998	5	224/76	3, 4, 5	CD	235	*
05/08/1999	7	224/76	Todas	CD	285	*
18/11/1999	7	223/76	Todas	CD	257	*

* Nível fluviométrico na data de aquisição.

Visando dar suporte à interpretação visual das imagens orbitais, utilizaram-se também aerofotos do vôo contratado pela Companhia Paranaense de Eletricidade, na escala 1:50.000, obtidas em 1996 e as cartas planialtimétricas SF-22-Y-A-IV (Porto Basílio) e SF-22-Y-A-V (Loanda), escala 1:100.000, do Departamento de Serviço Geográfico (DSG). Os dados altimétricos foram obtidos da restituição aerofotogramétrica, escala 1:40.000, de Furnas Centrais Elétricas (1980) e do perfil transversal topo-batimétrico, na escala 1:10.000, produzido pela Eletrosul (1983).

Dados da série histórica diária de cota e vazão de estações fluviométricas localizadas no Rio Paraná (Porto São José - 64575003) e Ivinhema (64617000) foram adquiridos junto à Agência Nacional de Águas e Energia Elétrica (Aneel), com o objetivo de correlacioná-los com as informações extraídas da interpretação das imagens de satélite.

As bases cartográficas foram digitalizadas, utilizando-se o software Spring 3.5.1, através do uso de mesa digitalizadora (restituição aerofotogramétrica) e digitalização *on-screen* (cartas planialtimétricas) de material previamente rasterizado (*scanner* de mesa) e geo-referenciado. Na seqüência, as cenas Landsat selecionadas foram geo-referenciadas e importadas no SIG, onde receberam operações de pré-processamento, tais como correção

atmosférica básica através do método do mínimo do histograma (Lillesand & Kiefer, 1994), realce e formulação de composições coloridas de acordo com o resultado visual e disponibilidade de bandas. A análise das cenas consistiu de interpretação visual, considerando padrões de cor, textura e contexto, apoiado em observações em campo e em aerofotos.

Os dados altimétricos, por sua vez, foram armazenados como amostras tridimensionais (pontos e linhas) e utilizados para confeccionar uma grade regular com resolução de 50m no terreno. Para esta operação gerou-se inicialmente uma grade triangular através do método Delaunay, utilizando como linhas de quebra dados referentes as drenagem e ilhas. A partir da grade triangular utilizou-se o interpolador quártico com linha de quebra para gerar uma grade regular (Namikawa, 1995), a qual foi avaliada através da comparação do modelo tridimensional gerado com a visualização estereoscópica de aerofotos desta área.

3. Resultados e Discussão

Ao analisar o modelo tridimensional gerado, constatou-se que os dados eram demasiadamente esparsos para descrever a superfície da planície adequadamente. Situação similar foi encontrada por Whigham & Young (2001), os quais concluíram que modelagens deste tipo são extremamente difíceis devido à falta de dados apropriadamente escalonados frente a uma topografia descontínua e altamente variável. Tendo obtido resultados também insatisfatórios, Townsend & Walsh (1998) apontam o mesmo problema. Mas, apesar de não possibilitar modelar a superfície da planície aluvial, os dados altimétricos foram ainda de grande utilidade ao apoiar a interpretação visual das imagens arquivadas no SIG.

Como forma de se assegurar que o nível fluviométrico encontrava-se estável, em cada data analisada, verificaram-se os 7 dias antecedentes e os 3 posteriores. Em nenhum dos casos analisados constatou-se instabilidade nos níveis fluviométricos (ascensões ou quedas bruscas).

A partir das imagens pode-se constatar a interação entre os diferentes hidrossistemas, destacando-se a ocorrência de inundação por controle exclusivo do Rio Paraná, controle exclusivo do Rio Ivinhema e ação conjugada de ambos. Em quatro imagens analisadas, observaram-se situações normais de vazante em quatro níveis hidrométricos distintos. Para estas imagens, os registros variaram de 235 a 285 cm na hidrógrafa de Porto São José (Rio Paraná). Embora para estas datas faltem os dados da estação Ivinhema, pode-se concluir que estes níveis são insuficientes para desencadear mudanças no ambiente, estando associados à condição de vazante.

A **Figura 3.A**, referente a data 17/01/1990, demonstra uma inundação histórica (segunda maior da qual se tem registro). Os níveis fluviométricos da hidrógrafa de Porto São José registraram 788 cm. Na **Figura 3.B** observa-se uma inundação de efeito local por controle exclusivo do Rio Ivinhema (295 cm) com o rio Paraná apresentando níveis relativamente baixos (287 cm). Já a **Figura 3.C** mostra uma situação extremamente interessante. Embora tenham sido alcançados 349 cm acima do nível de base da régua fluviométrica de Porto São José, não se observa nenhum sinal de inundação, o que contraria as expectativas já que, de acordo com a concepção corrente, o valor 350 cm é tomado como o limiar em que a comunicação entre o rio e a várzea se intensificam. (Thomaz et al., 1997). A cota registrada na estação Ivinhema para esta data (10/02/1987) foi de 197 cm.

Na **Figura 3.D**, por sua vez, observa-se o fenômeno de inundação quando a régua em Porto São José indicava 403 cm contra 410 cm em Ivinhema. A várzea se encontra quase totalmente inundada muito antes do nível de transbordamento, sugerindo ação exclusiva do Rio Ivinhema.

A análise de outras quatro imagens disponíveis em papel fotográfico reforçam as evidências constatadas e forneceram novos elementos para a compreensão do processo. Na imagem relativa ao dia 05/02/1991, pode-se observar uma inundação similar aquela de

controle exclusivo do Rio Ivinhema, contudo causada por controle exclusivo do Rio Paraná, que apresentou níveis da ordem de 504 cm, contra os 148 cm do Rio Ivinhema. Cheias de controle exclusivo do Rio Paraná foram observadas em 30/01/92 e 15/02/92. Nestas duas data, distantes entre si 16 dias, os níveis deste rio atingiram respectivamente 548 e 609 cm (contra 101 e 135 cm do Rio Ivinhema). Já a situação encontrada em 15/06/92 confirma a ocorrência de inundações locais de controle exclusivo do Rio Ivinhema. O cenário de inundação registrado corresponde ao nível 406 cm na régua localizada no Rio Ivinhema, enquanto a régua de Porto São José registava o nível 317 cm.

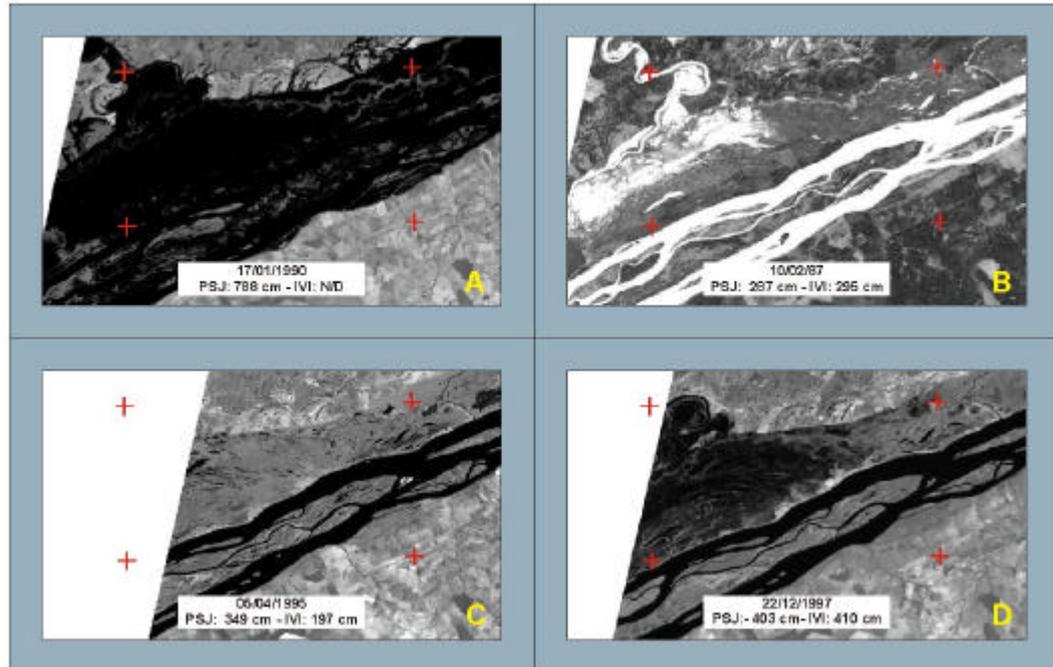


Figura 3. Cenários de inundação em diferentes níveis fluviométricos.

Como resultado da análise conjunta dos distintos cenários, propõe-se como limiares de 450 e 275 cm, como sendo aqueles que caracterizam o início dos processos de inundação nos sistemas do Rio Paraná e Rio Ivinhema. Buscando quantificar a participação destes sistemas, realizou-se uma análise de frequência para estabelecer a ocorrência de níveis potenciais de cheia nos dois hidrossistemas. Como dado mais importante, observa-se que as cheias com ação combinada dos rios Paraná e Ivinhema (30%) são quase tão frequentes quanto as cheias isoladas do Rio Paraná (40%) ou do Rio Ivinhema (28%). A análise de 2% dos casos, não foi possível por faltarem dados referentes a estação Ivinhema.

4. Considerações finais

Embora seja possível estimar com alguma precisão os níveis que desencadeiam inundações no segmento estudado, para fins de manejo e proposição de ações normativas quanto ao funcionamento dos barramentos à montante, é de fundamental importância que estudos mais elaborados sejam conduzidos.

Com base nos resultados obtidos, ressalta-se que não é possível inferir sobre a área inundável, considerando apenas o nível fluviométrico do Rio Paraná, pois constata-se inundações com níveis relativamente baixos deste hidrossistema, evidenciando a participação e interação de outros sistemas hidrológicos. Maiores detalhes só poderão ser evidenciados no futuro, com a instalação de estações de coleta na área de interesse para o monitoramento dos níveis nos distintos hidrossistemas de maneira contínua e simultânea. Além disso, deve-se

fazer uso de piezômetros para controlar a participação da água subterrânea nos diferentes compartimentos da planície de inundação.

O estabelecimento de limiares e execução de estudos, descrevendo o comportamento hidrológico dos hidrossistemas, são imprescindíveis, já que além de determinar o momento em que as inundações se iniciam, é de vital importância para a integridade do sistema, saber quanto tempo estas inundações deveriam durar e com que frequência elas deviam estar ocorrendo (Poff et al., 1997).

Referências

- Agostinho, A. A.; Zalewski, M. *A planície alagável do Alto Rio Paraná: importância e preservação*. Maringá: EDUEM, 1996. 100 p.
- Christofolletti, A. *Modelagem de sistemas ambientais*. São Paulo: Edgard Blücher, 1999. 236 p.
- Dominguez, O.; Carballo, S. Remote sensing analysis of flooding and salinity problems in the NW area of Buenos Aires Province, Argentina. In: International Symposium on Remote Sensing of Environment (ERIM), 16., Buenos Aires, 1982. *Proceedings*. Buenos Aires: ERIM, 1982. p.355-364.
- Fernandez, O. V. Q.; Souza Filho, E. E. Efeitos do regime hidrológico sobre a evolução de um conjunto de ilhas no Rio Paraná, Paraná. *Boletim Paranaense de Geociências*, v. 43, p. 161-171, 1995.
- Lillesand, T. M.; Kiefer, R. W. *Remote sensing and image interpretation*. 3.ed. New York: John Wiley, 1994. 750 p.
- Lowe-McConnell, R. W. *Estudos ecológicos de comunidades de peixes tropicais*. São Paulo: EDUSP, 1999. 453 p.
- Namikawa, L. M. *Um método de ajuste de superfície para grades triangulares considerando linhas características*. Mestrado (Dissertação) - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos, 1995. 160p.
- Poff, N. L.; Allan, J. D.; Bain, M. K.; Karr, J. R.; Prestegard, K. L.; Richter, B. D.; Sparks, R. E.; Stromberg, J. C. The natural flow regime. *Bioscience*, v. 47, n. 11, p. 769-784, 1997.
- Rocha, P. C.; Souza Filho, E. E.; Fernandez, O. V. Q. Aspectos do controle de descargas efetuado por barramentos no Alto Rio Paraná. *Boletim Paranaense de Geociências*, v. 46, p. 117-122, 1998.
- Smith, L.C. Satellite remote sensing of river inundation area, stage, and discharge: a review. *Hydrological Process*, v. 11, p. 1427-1439, 1997.
- Souza Filho, E. E.; Stevaux, J. C. Geologia e geomorfologia do complexo Rio Baía, Curutuba, Ivinheima. In: Vazzoler, A. E. A. M.; Agostinho, A. A.; Hahn, N. S. (Ed.). *A planície de inundação do Alto Rio Paraná: aspectos físicos, biológicos e sócio-econômicos*. Maringá: EDUEM, 1997. p. 3-46.
- Souza Filho, E. E.; Stevaux, J. C. Geologia e geomorfologia fluvial. In: FINEP. *Estudos ambientais da planície de inundação do Rio Paraná, no trecho compreendido entre a foz do Rio Paranapanema e o Reservatório de Itaipu: relatório final de projeto*. Maringá: FUEM-Nupelia; São Paulo: FINEP, 1995. p. 205-235.
- Thomaz, S. M.; Roberto, M. C.; Bini, L. M. Caracterização limnológica dos ambientes aquáticos e influência dos níveis fluviométricos. In: Vazzoler, A. E. A. M.; Agostinho, A. A.; Hahn, N. S. (Ed.). *A planície de inundação do Alto Rio Paraná: aspectos físicos, biológicos e sócio-econômicos*. Maringá: EDUEM, 1997.
- Thomaz, S. M.; Roberto, M. C.; Lansac Toha, F. A.; Lima, F. A.; Esteves, F. A. Características limnológicas de uma estação de amostragem do Alto Rio Paraná e outra do Baixo Rio Ivinhema. *Acta Limnol Brasil*, v. 4, p. 32-52, 1992.
- Townsend, P. A.; Walsh, S. J. Modeling floodplain inundation using an integrated GIS with radar and optical remote sensing. *Geomorphology*, v. 21, p. 295-312, 1998.
- Vazzoler, A. E. A. M., Agostinho, A. A.; Hahn, N. S. (Ed.). *A planície de inundação do Alto Rio Paraná: aspectos físicos, biológicos e sócio-econômicos*. Maringá: EDUEM, 1997. 460p.
- Whigham, P. A.; Young, W. J. Modelling river and floodplain interactions for ecological response. *Mathematical and Computer Modelling*, v. 33, p. 635-647, 2001.