



ISSN:1984-2295

Revista Brasileira de Geografia Física

Homepage: www.ufpe.br/rbgfe



Cartografia das Inundações na Planície Aluvial do Rio Ivaí

Nelson Douhi¹, Manoel Luiz dos Santos²

¹Doutor em Geografia pelo Programa de Pós Graduação em Geografia da Universidade Estadual de Maringá e Docente da SEED/Pr – Secretaria Estadual de Educação do Paraná. Rua José Caldart, 1181, CEP: 85819-570, Bairro Maria Luiza – Cascavel, Paraná. nelsondouhy@gmail.com (Autor correspondente). ²Doutor em Geociências pelo Programa de Pós Graduação em Geociências da Universidade Federal do Rio Grande do Sul e Docente do Programa de Pós Graduação em Geografia da Universidade Estadual de Maringá. Av. Colombo, 5790, CEP: 87020-900, Jardim Universitário, Bloco J12, Maringá, Paraná. mldsantos@uem.com

Artigo recebido em 09/11/2017 e aceito em 24/02/2018

RESUMO

Este estudo corresponde a representação cartográfica das áreas inundáveis da planície aluvial do rio Ivaí, que compreende os últimos 150 km do baixo curso do rio Ivaí até a sua confluência com o rio Paraná. Às informações se baseiam em levantamentos cartográficos, imagens de satélite, SRTM, levantamentos de campo e entrevistas aos moradores das áreas alagáveis. A metodologia adotada para a cartografia das áreas inundáveis é conhecida como “Método Hidrogeomorfológico”. As informações foram agrupadas em um banco de dados no *software Spring*, tendo como produto final a carta das áreas inundáveis. Os resultados demonstram uma planície de inundação pouco ativa, de respostas rápidas e com forte controle das precipitações de grande intensidade, sem um padrão de cheias e vazantes. As áreas inundáveis ocupam menos de 40% da planície aluvial, mesmo nos eventos de cheia de maior magnitude. A recorrência mínima para as inundações é de 1,31 anos, porém as áreas atingidas representam apenas 1% da planície aluvial. Há poucos ambientes de integração rio-planície, reflexo das poucas áreas ativas durante as inundações e pelo forte impacto das atividades econômicas, principalmente a rizicultura e a pecuária. As informações decorrentes deste estudo representam maiores possibilidades ao planejamento e gerenciamento da planície de inundação, visando à redução dos impactos ambientais e dos riscos associados às inundações, além de um maior entendimento da dinâmica e das características dos ambientes de inundação.

Palavras chave: Dinâmica Fluvial; Cartografia; Inundações; Rio Ivaí.

Cartography of Floods in Ivaí River Alluvial Plain

ABSTRACT

This study corresponds to cartographic representation of flood hazard delineation of the alluvial plain in Ivaí River considering the last 150 km of its lower course until the confluence with Paraná River. The information is based on cartographic survey, satellite images, SRTM, field research and interviews with residents in flood-prone areas. The methodology it is known as “Hydrogeomorphologic Method”. The information was grouped in a database on SPRING software, having as a result the Map of Flood-prone Areas. The results show a Floodplain not very active, with fast answers and high control of great intensity rainfall precipitation without a pattern of flood and ebb. The flood hazard areas occupy less than 40% of the alluvial plain, even in flood events of greater magnitude. The minimal recurrence of floods is 1,31 years, however the hit areas represent only 1% of alluvial plain. There are few environments of river-plain integration, reflex of few active areas in the flood periods, and due to strong impact of economic activities, mainly the rice growing and livestock. The information obtained from this study represents greater possibilities on planning and management of floodplain, aiming the reducing of environment impacts, and the risks associated to flood, besides better understanding of the dynamics and characteristics of flood areas.

Key-words: Fluvial dynamics; Cartography; Floods; Ivaí River.

Introdução

Os estudos em planícies de inundação requerem uma análise a partir de dois conjuntos de variáveis que são indissociáveis: *a) os aspectos hidrológicos*: que contemplam um conjunto de processos que ocorrem tanto nas vertentes, quanto no canal fluvial e na planície de inundação; *b) os aspectos geomorfológicos*: que contemplam um conjunto de morfologias atuais e pretéritas do canal e da planície de inundação, numa condição de interação entre processos e formas e sua evolução do ponto de vista de sistema. O grau de intervenção antrópica nestas variáveis também é relevante, não podendo ser negligenciado, já que os processos possuem comportamentos diferenciados entre os ambientes naturais e alterados, além disso, nos casos de inundação os efeitos sobre as áreas ocupadas são mais severos.

Segundo Charlton (2008) as inundações representam um fluxo que excede a capacidade do canal, vindo a ocupar a planície de inundação. Assim, a inundação está sempre condicionada às cheias que provocam o transbordamento do leito normal ou leito de margens plenas, vindo o fluxo a espalhar-se lateralmente, onde os padrões de escoamento, erosão e deposição adquirem características específicas ao padrão morfológico da planície de inundação.

Para Castro (2003), as inundações podem se caracterizar como “graduais” ou “bruscas”, dependendo das variações que apresentam em sua previsibilidade, sazonalidade, velocidade de elevação do nível da água e o tempo de concentração. Destacam-se como fatores de maior influência para tal comportamento a morfologia, a declividade, a permeabilidade, a intensidade das chuvas e as condições de uso do solo da bacia.

As inundações possuem grande relevância nas alterações geomorfológicas, tanto do canal quanto da planície, além de afetarem diretamente as populações ribeirinhas, algumas de forma positiva como a fertilização dos solos que são utilizados para cultivo e em muitas, de forma negativa, como os riscos à vida, destruição das estruturas implantadas e perdas da produção.

A definição dos limites de uma inundação apresenta-se de modo simplificado como uma combinação das variáveis hidrogeomorfológicas, no entanto, os limites também estão associados às interações e intervenções biológicas, principalmente humanas que se manifestam no momento e ao longo da história. Assim, a representação gráfica “cartografia” das inundações é uma atividade complexa e que exige

o acompanhamento das variáveis hidrológicas e o levantamento minucioso das características morfológicas e das intervenções antrópicas na área.

A área de estudo “planície de inundação do rio Ivaí” esta inserida na bacia hidrográfica do rio Ivaí, a qual possui uma área de 36.587 km², abrangendo as porções centro e noroeste do Estado, sendo a segunda maior do Paraná e ocupando cerca 18,5% do seu território. A planície de inundação atende ao conceito de Neiff et al. (1994), que definem uma planície de inundação como uma faixa estreita por onde corre o rio, constituída por seus depósitos do canal e da inundação, permanente ou temporariamente inundada pelo aporte fluvial. Já as inundações são consideradas quando ocorre extravasamento das águas do canal para a planície, conforme Villela e Mattos (1975).

Para este estudo é considerada como referência espacial a planície aluvial do rio Ivaí, porção em que está inserida a planície de inundação ativa. Santos et al. (2008) descrevem a planície aluvial do rio Ivaí como uma área constituída de depósitos sedimentares diversificados de diferentes contextos geomorfológicos com mais de 20 m de espessura, predominantemente formados por pelitos, subordinadamente de areia fina e com delgadas e descontínuas camadas de cascalho e areia grossa depositadas sobre a Formação Caiuá. A mesma corresponde aos últimos 150 Km do rio Ivaí, até sua confluência com o rio Paraná, entre os municípios de Icaraíma e Querência do Norte.

O canal fluvial está mais encaixado à montante da planície, com margens de até 14 m acima do nível médio das águas. Próximo a confluência com o rio Paraná a altura das margens diminui para cerca de 2 a 5 m. A declividade do canal do rio Ivaí diminui para jusante, de 8 cm/km no trecho superior da planície aluvial para 4.2 cm/km nos últimos 50 km. A largura do rio aumenta para jusante, variando muito pouco conforme as variações do nível da água, em função do encaixamento do canal, Santos (2005).

As características climáticas da planície aluvial possuem influência dos sistemas tropicais, tendo temperaturas mais elevadas ao longo do ano com raros eventos de geada. As precipitações são mais concentradas na primavera e verão e com um suave déficit hídrico no inverno. Os volumes médios anuais são superiores a 1400 mm.

Conforme Douhi (2013), os meses de maio, junho e setembro se destacam por

registrarem chuvas de maior intensidade e por consequência, possuem o maior número de ocorrências de inundações no período estudado, indicando a relevância das características pluviométricas sobre o comportamento fluvial. Ressalta ainda, que a área está inserida numa região de forte influência dos fenômenos El Niño e La Niña, e por esta razão, em certas ocorrências de inundações, o fenômeno El Niño as potencializa, tendo em vista que o aumento das precipitações torna o solo mais saturado, aumentando consequentemente escoamento superficial.

A definição da dinâmica das inundações e dos limites inundáveis são decorrentes da análise de variáveis físicas e antrópicas, tendo como meios para obtenção das informações os levantamentos “*in loco*” e remotos, sendo utilizadas principalmente informações de satélites, que permitiram correlacionar informações espaciais atuais e históricas.

Em estudos semelhantes de áreas inundáveis do rio Paraná, Comunello (2001) e Rocha (2002) enfatizam que as correlações entre informações fluviométricas, físicas e bióticas obtidas em campo e morfológicas obtidas por meios cartográficos e de imagens, são essenciais para definição dos limites de abrangência das inundações e dos estágios de conectividade hidrodinâmica entre o rio e a planície de inundação, além de servir de subsídio para simulação de cenários futuros, condição essencial para reduzir os impactos provocados pelas inundações.

Procedimentos e métodos

A metodologia utilizada na cartografia das áreas inundáveis foi proposta por Lambert (1990) e posteriormente detalhada e sistematizada por Lambert et al. (1999) e é conhecida como “Método Hidrogeomorfológico”, embora os primeiros estudos nessa perspectiva tenham sido propostos por Masson (1983) e Garry (1985). Baseia-se na análise das características morfológicas, sedimentológicas e uso da terra, identificando o leito de margens planas, médio e planície de inundação ou de várzea respectivamente, com o registro cartográfico das inundações mais frequentes e excepcionais.

Meurer (2004) aplicou essa metodologia no mapeamento das áreas inundáveis do rio Paraná, no trecho entre os rios Paranapanema e Ivinhema, obtendo resultados importantes sobre a dinâmica do rio Paraná. O autor ainda destaca que os principais diferenciais dessa metodologia são o uso de dados de cotas, a consideração dos aspectos físicos da paisagem e a expressão espacial das cheias.

A delimitação da planície de inundação “área deste estudo” considera como base a planície aluvial do rio Ivaí subdividida em sub-ambientes por Santos et al. (2008). As subdivisões foram estabelecidas com base nas diferentes fácies sedimentares e morfológicas. Estes sub-ambientes compõem 6 unidades morfoestratigráficas “Planície do rio Ivaí, Planície Paraná-Ivaí, Terraço Paraná, Terraço Ivaí, Leque Aluvial e Canal Fluvial” (Figura 1).

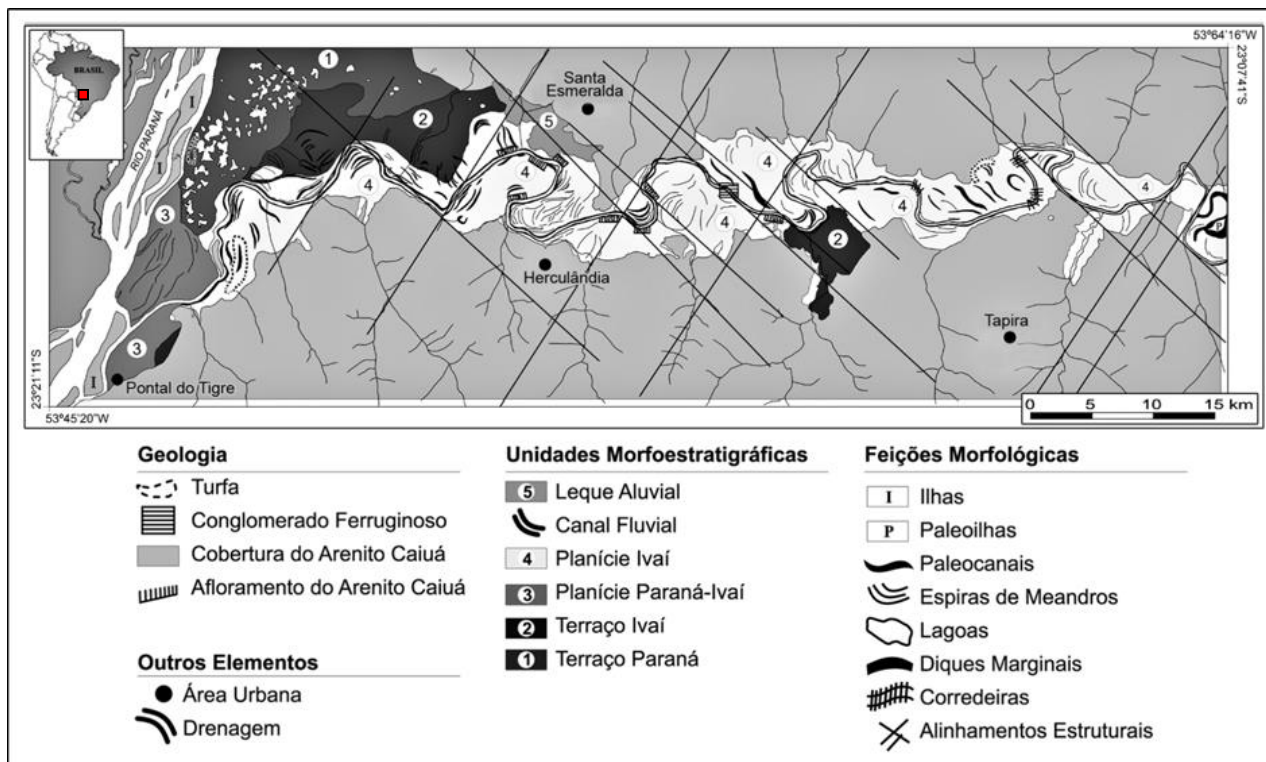


Figura 1: Mapa de localização da área de estudo com a planície aluvial do rio Ivaí compartimentada em unidades morfoestratigráficas.

Fonte: Santos, M. L. et al. (2008).

Na primeira etapa do mapeamento das áreas inundáveis da planície de inundação do rio Ivaí foram elaboradas a representa o topográfica, com digitaliza o de cartas topográficas e a elabora o de um modelo digital do terreno (MDE), com auxílio de imagens LANDSAT 5 e dados SRTM. Esse modelo foi gerado utilizando os vetores de drenagem, pontos cotados e curvas de nível da planície de inunda o com equidistância de 5 metros, compiladas a partir do Diagnóstico do Baixo Curso do rio Ivaí, realizado pelo consórcio THEMAG-PROENSI (1984), para COPEL.

A delimita o das áreas inundáveis foi realizada com base no MDE e na classifica o visual das imagens LANDSAT contendo os registros das cheias mais expressivas, associando-as aos níveis registrados na esta o fluviométrica de Novo Porto Taquara (Tabela 1).

Cabe ressaltar que as cotas correspondentes aos dias de obten o das imagens, nem sempre correspondem às cotas de inunda o, porém, considerando o intervalo das maiores cotas, permitem identificar os limites inundados, principalmente, por haver uma permanência da água de inunda o por vários dias, até a efetiva drenagem da planície de inunda o.

Para aferi o dos resultados foram realizadas verifica es *in loco*. Essas informa es “de campo” possibilitaram uma compreensão mais abrangente do comportamento das inunda es sob o ponto de vista também dos moradores, principalmente em rela o às interven es na planície e aos prejuízos causados.

As entrevistas com moradores, a observa o e o registro fotográfico de vestígios de umidade e depósitos (lama ou areia, restos de plantas ou de plásticos), marcas em árvores, postes e residências foram importantes para defini o dos níveis e limites atingidos pelas inunda es, contribuindo para maior acurabilidade das informa es.

Tabela 1: Imagens LANDSAT utilizadas para definição dos limites espaciais das inundações.

Referência da Imagem	Data	Nível em Novo Porto Taquara	Cota Máxima do período
LANDSAT 4 LM 223/076	15/06/1983	N/CONSTA/Aprox. 8,00 m	01/06/1983 Aprox. 14,00 m
LANDSAT 5 TM 223/076	18/06/1987	9,80 m	24/05/1987 12,27 m
LANDSAT 5 TM 223/076	11/09/1989	7,71 m	12/09/1989 10,06 m
LANDSAT 5 TM 223/076	08/10/1993	9,12 m	04/10/1993 12,59 m
LANDSAT 5 TM 223/076	02/11/2005	8,50 m	01/11/2005 9,05 m
LANDSAT 5 TM 223/076	05/03/2007	4,41 m	27/02/2007 5,35 m
LANDSAT 5 TM 224/076	24/02/2007	4,75 m	27/02/2007 5,35 m

Fonte: Douhi, N. (2012).

Análise e Resultados

Classificação das Inundações da Planície Aluvial do Rio Ivaí

No contexto dos estudos de inundação, os aspectos hidrológicos devem contemplar o conjunto de processos que ocorrem tanto nas vertentes quanto àqueles que se processam especificamente no canal e na planície de inundação. Ela tem dois eixos principais de estudo: o primeiro trata da relação entre chuvas e volumes escoados pelo canal; o segundo, a análise dos parâmetros associados ao fluxo, como a morfologia do canal e da planície de inundação e o grau de intervenção antrópica.

A definição da dinâmica das inundações e dos limites de uma inundação apresenta-se de modo simplificado como uma combinação das variáveis hidrogeomorfológicas, no entanto, o comportamento e os limites também estão associados às interações e intervenções biológicas, principalmente humanas que se manifestam no momento e ao longo da história, sendo portanto, difíceis de serem mensurados e comparados, exigindo uma base de dados histórica confiável e amplo levantamento de informações na área de ocorrência.

A representação espacial dos limites inundáveis da planície aluvial do rio Ivaí se baseia método hidrogeomorfológico, o qual se fundamenta na análise das características morfológicas, sedimentológicas e uso da terra, identificando o leito de margens plenas, médio e

planície de inundação ou de várzea respectivamente, com o registro cartográfico das inundações mais frequentes e excepcionais. Embora se configure em uma abordagem qualitativa, ela leva em consideração também as mudanças induzidas pelo homem, fator relevante principalmente pelos sistemas de controle artificiais das inundações, comuns em áreas ocupadas e os efeitos decorrentes das inundações para população.

O método hidrogeomorfológico surgiu e evoluiu a partir de Masson (1983) e Garry (1985) os quais utilizaram a análise do terreno por fotointerpretação e observação direta. Embora pouco aplicado em rios tropicais, o método já foi aplicado em vários rios, principalmente na França, a fim de comparar os resultados com aqueles derivados de modelagem e assegurar a confiabilidade das informações. Lambert et al. (1999) contribuíram significativamente para efetivação do método, definindo os parâmetros indispensáveis para representação cartográfica das áreas inundáveis.

A geomorfologia é o suporte para o método hidrogeomorfológico podendo ser aplicado aos vales e planícies. É um método naturalista que faz parte dos desenvolvimentos recentes na geomorfologia fluvial e visa a identificação e mapeamento da planície de inundação do rio para permitir a previsão e prevenção de riscos das inundações, além de servir de suporte para o planejamento dessas áreas. Ressalta-se, que para definição dos limites inundáveis da planície aluvial do rio Ivaí, foram considerados apenas os níveis atingidos nas

maiores cheias do período de 1974 a 2013 e que possuem registro em imagens de satélite.

Comunello (2001) destaca que estabelecendo-se as correlações entre os níveis fluviométricos e a área inundada em diferentes níveis e períodos, seria possível gerar vários mapas desta área, possibilitando o resgate histórico das condições a que o sistema se submeteu ao longo da série histórica de registros fluviométricos. Estas informações são essenciais na definição dos limites de abrangência e no comportamento das cheias. O mesmo autor afirma que esse resgate histórico poderia elucidar o funcionamento da dinâmica de inundação de maneira suficientemente clara para permitir a simulação, ou seja, a possibilidade de inferir sobre cenários futuros.

Estudos de áreas inundáveis do rio Paraná realizados por Rocha (2002) enfatizam que as correlações entre informações fluviométricas, físicas e bióticas obtidas em campo e morfológicas obtidas por meios cartográficos e de imagens, são essenciais para definição de cenários de inundação e dos estágios de conectividade hidrodinâmica entre o rio e a planície de inundação e apresentam importantes informações sobre a dinâmica das inundações do rio Paraná no trecho que compreende a região do estuário dos rios Baía e Ivinhema.

O mesmo autor destaca duas questões importantes para o entendimento da dinâmica do fluxo nos sistemas rio-planície de inundação: a primeira refere-se à questão espacial, que implica em definir os limites espaciais inundáveis nos estágios de um pulso hidrológico de cheia. A segunda é temporal em que são definidos os períodos de ocorrência dos pulsos de cheia e de vazante do rio e a sua regularidade.

Os níveis de conectividade, embora não avaliados na planície de inundação do rio Ivaí, são possíveis de análise, no entanto, conforme as informações da dinâmica das inundações, principalmente quanto ao tempo de retorno superior a um ano, é possível inferir que há um baixo grau de conectividade, principalmente se comparado ao rio Paraná. Esse fato decorre de dois fatores diretos: primeiro a condição de rio encaixado nos sedimentos da Planície aluvial do rio Ivaí, resultado das alterações geomorfológicas e tectônicas e; segundo da inexistência de uma sazonalidade e regularidade das inundações.

Ballais et al. (2011), quando se referem ao estudo hidrogeomorfológico, afirmam que isso requer um conhecimento abrangente e a

compreensão de um sistema complexo em que múltiplos fatores interferem, alguns naturais, outros de origem antrópica. Deve-se, portanto, analisar a modelagem hidráulica em um modelo de funcionamento geral do ambiente do rio, em que hidrologia e história de inundação são articuladas com as características físicas deste rio e do meio ambiente, não só de hoje, mas como eles evoluíram no passado e como evoluirão no futuro. Esta é uma tentativa de compreender hidrológicamente a dinâmica da várzea funcional, de acordo com uma interpretação de fenômenos naturais e antrópicos que estão ausentes nos métodos hidrológicos e, especialmente, hidráulicos.

A distribuição das cheias do rio Ivaí, e por consequência as inundações não possuem períodos que se destaquem numa maior ocorrência, ou seja, períodos de vazante e de cheia podem ocorrer em qualquer mês do ano, podendo mudar de um ano para outro. As inundações consequentemente apresentam o mesmo padrão de comportamento, embora neste caso, haja uma leve concentração nos meses de maio, junho e setembro. Concentram-se na planície aluvial, porém como o rio apresenta-se bastante encaixado, a planície aluvial é pouco ativa.

O regime hidrológico do rio Ivaí é controlado principalmente pelo escoamento superficial apresentando respostas rápidas para os níveis de cheia e com inundações que podem ocorrer em curtos intervalos de tempo. Verifica-se também que o fluxo de base não é capaz de manter fluxos próximos ao das vazões médias, fato que condiciona a ocorrência de extremos mínimos bem acentuados.

A dinâmica das vazões mostra-se bastante oscilatória tendo forte influência das precipitações que são de grande intensidade, em certos períodos da geologia, que na porção média da bacia apresenta rochas de baixa permeabilidade e forte presença de lineamentos e dos solos pouco desenvolvidos e rasos na porção superior da bacia.

As condições topográficas tem grande contribuição, com relevo mais dissecado e declividades mais acentuadas, principalmente no segmento médio e superior.

As vertentes são curtas e nos segmentos médio e alto da bacia as declividades podem variar de 20 a mais de 40%. Essas características associadas à forma alongada da bacia (índice de compacidade = 1,64) (Leli, 2010, p. 49), se refletem num escoamento pluvial rápido e pronunciado até o canal do rio, determinando

assim, o comportamento fluvial com picos de vazões agudos e de subida rápida e conseqüentemente inundações predominantemente de curta duração.

Os intervalos de permanência das cotas de inundação registradas na estação de Novo Porto Taquara (baixo curso), no período de 1974 a 2013 (Figura 2), demonstram um forte predomínio das cheias de curta duração, com cerca de 68% das cheias apresentando duração de até 3 dias, fato que confirma a característica de uma bacia de respostas hidrológicas rápidas.

As cheias com permanência das cotas de inundação de (4 a 7 dias) representam cerca de

26% e as de maior duração, com intervalos que superam os 10 dias, somam cerca de 6%, caracterizando-se em eventos de maior impacto, mas de baixa frequência.

As cheias com maior tempo de permanência das cotas de inundação e que configuram os eventos excepcionais estão associadas aos grandes volumes precipitados, normalmente em anos de anomalias positivas de *El Niño*. São estas que trazem os maiores impactos, tanto em termos de perdas na produção agropecuária e nos gastos com deslocamento, quanto com a reposição de bens e recomposição da infraestrutura.

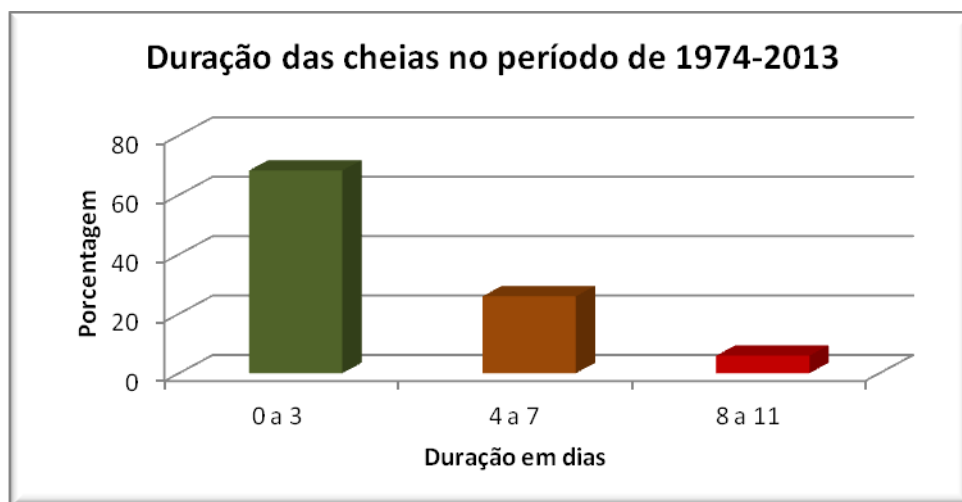


Figura 2: Intervalos de duração das cheias superiores à cota de inundação do rio Ivaí, no seu curso inferior, no período de 1974 a 2013.

Fonte: Douhi, N. (2013).

As cheias do rio Ivaí, não apresentam uma regularidade anual, conseqüentemente não há como definir um padrão de sazonalidade para as inundações. Além disso, as áreas inundáveis são pouco expressivas, o que torna a planície de inundação pouco ativa, sem as condições adequadas para o desenvolvimento pleno de um sistema de conectividade entre o rio Ivaí e sua planície de inundação.

A análise sobre os fatores que interagem para ocorrência das inundações e o conhecimento das características associadas às diferentes magnitudes destas, são ferramentas importantes para definição de padrões ou categorias das inundações. Com isso, torna-se mais fácil a interpretação da dinâmica e dos efeitos das inundações, possibilitando a implementação de mecanismos de intervenção e planejamento para as áreas e pessoas atingidas.

Considerando a combinação dos condicionantes para a ocorrência de inundações na planície aluvial do rio Ivaí e as características e comportamentos que estas apresentam, foram estabelecidas quatro categorias:

- 1) **Inundação por rompimento de dique e represamento de canais de irrigação:** atinge áreas menores da planície, com curtos intervalos de permanência, provocada pela subida rápida das águas do rio Ivaí, que ocorrem em períodos de chuvas intensas, principalmente nas áreas mais à montante da bacia. Neste caso, as águas podem romper o dique marginal, às vezes impactado pela pecuária, ou na maioria dos casos, invadir a planície por meio dos emissários e canais de irrigação e de drenagem construídos pelos rizicultores e pecuaristas (Figura 3). Em algumas situações pode simplesmente

haver o barramento dos emissários das áreas de rizicultura, impedindo a drenagem e promovendo assim a inundação dessas áreas.

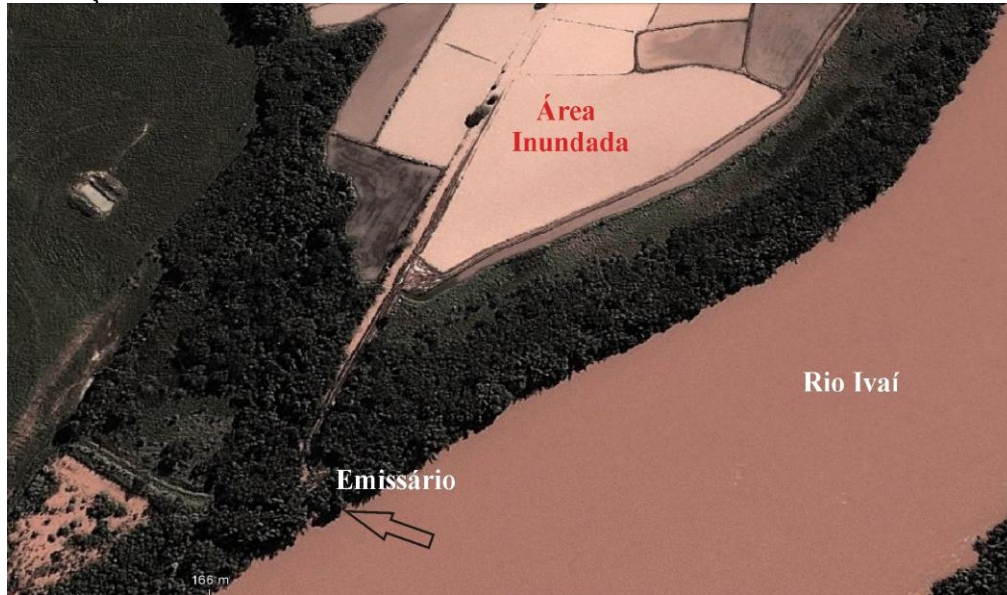


Figura 3: Inundação provocada por barramento de emissário de área irrigada para rizicultura. Fonte: Google earth (2013).

As inundações que se enquadram nessa primeira categoria, ocorrem apenas nas áreas mais baixas e por períodos curtos que podem variar entre dois e cinco dias, tendo pouca contribuição para os ambientes que dependem da integração rio-planície de inundação. Os impactos econômicos também são reduzidos;

- 2) **Inundação por represamento e extravasamento dos tributários da planície de inundação:** atinge grande parte da planície de inundação, com intervalos de permanência maiores. É provocada pela subida das águas que

represam os tributários, forçando-os a extravasar para planície (Figura 4). Ocorre em condições de chuvas mais prolongadas, intensas e que atinjam toda bacia, fato que contribui para elevação do nível do lençol freático, condição que favorece o incremento das inundações. As inundações por represamento dos afluentes que deságuam na planície de inundação já haviam sido identificadas por Terezan (2005), em estudo pontual realizado num trecho da planície de inundação.



Figura 4: Inundação por represamento e extravasamento de tributário do rio Ivaí. Fonte: Google earth (2013).

O período de permanência das inundações dessa categoria pode variar de dias a mais de uma semana, principalmente pelas águas residuais que tendem a permanecer por mais tempo na planície, em função da deficiência da drenagem do solo saturado. Nessas circunstâncias ocorre maior integração entre os ambientes da planície de inundação, além disso, os impactos para população tendem a ser mais significativos;

- 3) **Inundação combinada ao efeito de barramento do rio Paraná:** apresenta maior magnitude e atinge toda planície de inundação, com grandes intervalos de permanência. É o tipo de inundação menos frequente e somente ocorre quando há coincidência das cheias do rio Ivaí com as cheias do rio Paraná. Nessa condição o rio Paraná provoca o represamento das águas do rio Ivaí, ampliando assim, as áreas inundadas e os impactos, como mostra a figura 5.

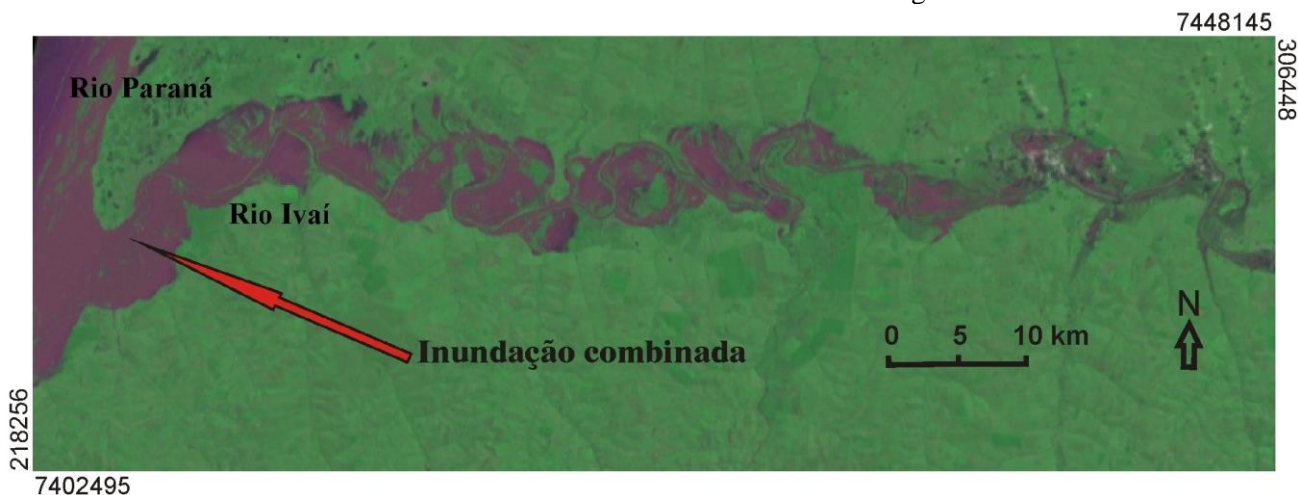


Figura 5: Inundação combinada, com os rios Ivaí e Paraná apresentando níveis de cheia.

Observar a zona de confluência que apresenta áreas inundadas pelo rio Paraná e pelo rio Ivaí.

Fonte: Imagem de Satélite Landsat 4, LM 223/076. Data de passagem: 16/06/1983. Disponível em: [www.http://glovis.usgs.gov](http://glovis.usgs.gov)

A abrangência espacial das inundações dessa categoria é muito grande e o tempo de permanência é superior a 15 dias podendo chegar a meses, fato que contribui para integração de grandes áreas no sistema rio-planície de inundação. Os impactos negativos aos moradores atingidos são muito expressivos, como a perda da produção agrícola, de bens de uso doméstico, danos às moradias e a estrutura de produção, como os diques, os canais de drenagem e de irrigação, cercas, além dos gastos com a remoção de moradores e do rebanho bovino. O exemplo que representa essa condição é o ocorrido em de junho de 1983, período em que a inundação foi a maior já registrada e a permanência das áreas inundadas foi superior a um mês.

- 4) **Inundação de confluência e ou de barramento:** ocorre no trecho de

confluência do rio Ivaí com o rio Paraná e possui influência da dinâmica de cheia dos dois rios, podendo sofrer inundações provocadas somente pela elevação do nível do rio Ivaí ou do rio Paraná. No caso do rio Paraná, este inunda as áreas conectadas diretamente e outras pelo represamento do fluxo do rio Ivaí, que é forçado a extravasar as águas para a planície de inundação como mostra a figura 6. Essa condição torna a área de confluência mais vulnerável às inundações, tendo em vista que o regime de cheias dos rios não é coincidente, o que amplia as possibilidades de ocorrência de inundações. Por outro lado, a abrangência espacial é relativamente pequena, não resultando em grandes transtornos e perdas à população.

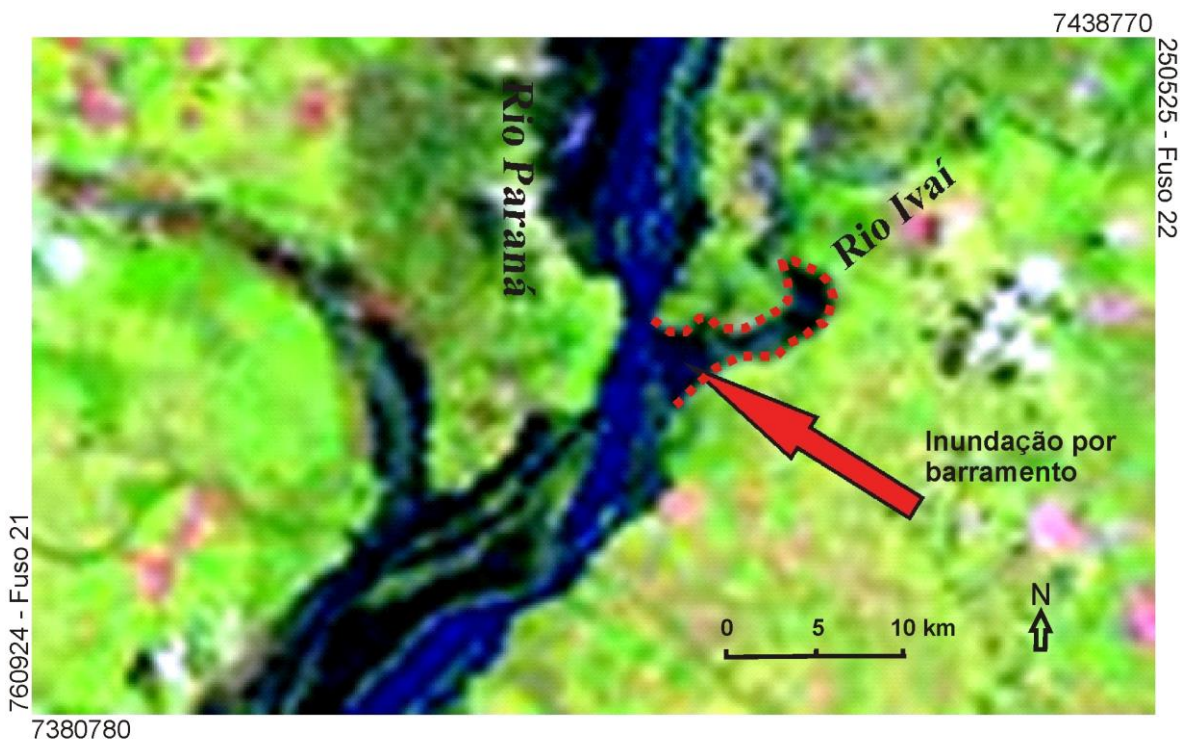


Figura 6: Inundação na zona de confluência do rio Ivaí com o rio Paraná, ocasionada pelo barramento das águas do Ivaí pelo rio Paraná.

Fonte: Recorte de imagem de satélite Landsat 5, TM 224/076. Data de passagem: 24/02/2007. Disponível em: www.inpe.br

As inundações na zona de confluência têm uma forte contribuição na evolução geomorfológica dessa área, considerando que segundo estudos de (Morais, 2010, p. 43) “as partes norte e sul da planície (margem direita e esquerda do rio Ivaí) constituíam uma paleodrenagem interligada”. Outro aspecto importante é a maior conectividade entre os rios Ivaí e Paraná com as áreas próximas à confluência, contribuindo sobremaneira para formação de ambientes de várzea, ricos em espécies vegetais e animais.

A busca pelo entendimento da dinâmica das inundações e suas influências evidenciou que além das informações das séries históricas são fundamentais os levantamentos de campo em diferentes períodos da pesquisa, pois estes possibilitaram uma compreensão mais abrangente das inundações sob o ponto de vista também dos moradores, principalmente em relação às intervenções na planície e aos prejuízos causados.

Constatou-se que existe um nível de conhecimento empírico razoável por parte dos moradores sobre a dinâmica das inundações e uma maior preocupação com as perdas econômicas e as influências destas na produção. Porém, há relatos dos efeitos psicológicos (traumas, medos) que elas representam, entre outros aspectos que

não são visíveis nas avaliações das variáveis físicas.

Ressalta-se ainda, que a população residente na área da planície aluvial do rio Ivaí é bastante reduzida, tendo em vista, que parte das áreas ainda encontra-se preservada e a maioria, está ocupada com pastagem para pecuária de bovinos.

Cartografia das Áreas Inundáveis

As superfícies de inundação da planície aluvial do rio Ivaí, foram estabelecidas considerando os critérios geomorfológicos e de cotas de inundação, tendo como base os dados da série hidrológica da estação de Novo Porto Taquara no período de 1974 a 2013, cartas topográficas, levantamento SRTM e imagens de satélite Landsat, com seleção de cenas em que a planície se encontrava inundada.

É importante ressaltar que os resultados dos estudos com uso de imagens de satélite apresentam algumas limitações de acuracidade, diretamente relacionadas com a resolução espacial do sensor e com a complexidade geomorfológica da planície de inundação, como apontam Hudson e Colditz (2003). Por outro lado, as imagens de

satélite são uma ferramenta extremamente versátil e no caso da planície de inundação do rio Ivaí, a única fonte de informações dos limites inundados de forma contínua e com intervalos regulares para comparações e acompanhamentos.

Os limites inundados, identificados nas imagens foram associados às cotas fluviométricas do rio Ivaí na Estação de Novo Porto Taquara, tendo como valor de referência para as inundações à cota de 9,00 metros (referência o nível zero do rio), estabelecida por Terezan (2005) em estudo de áreas inundáveis num trecho à jusante de Novo Porto Taquara.

O levantamento histórico das ocorrências de cheias e a identificação de alguns eventos por meio das imagens de satélite e o método de entrevistas com os moradores das áreas atingidas representaram um mecanismo complementar importante para definição dos limites e do comportamento das inundações. A observação e o registro fotográfico de vestígios de umidade e depósitos (lama ou areia, restos de plantas ou de plásticos), marcas em árvores, postes e residências foram importantes para definição dos níveis e limites atingidos pelas inundações, contribuindo para maior acurabilidade das informações.

A análise do comportamento das inundações do rio Ivaí demonstra que estas, são determinadas principalmente pelas condições de distribuição e intensidade das precipitações ao longo da bacia e pelas características morfológicas da planície aluvial, muitas associadas às modificações antrópicas. As condições hidrológicas apresentadas na zona de confluência pelo rio Ivaí e o canal receptor – rio Paraná, também exercem influência, mesmo que em intensidade e dimensão espacial menor.

A cartografia das áreas inundáveis da planície aluvial do rio Ivaí, embora apresente limitações, se configura como uma ferramenta indispensável para o planejamento e gestão do território. Ela permite identificar as áreas com maior risco às inundações e aquelas com maior relevância ecológica, possibilitando assim, reduzir os riscos à vida, diminuir perdas econômicas e ampliar as possibilidades de interação entre atividades econômicas e preservação, tendo em vista que a ocupação humana predomina em quase toda planície, sendo grande parte dela, Área de Preservação Permanente.

Os limites espaciais das inundações na planície aluvial do rio Ivaí estão representados de forma escalonada na carta (Figura 7).

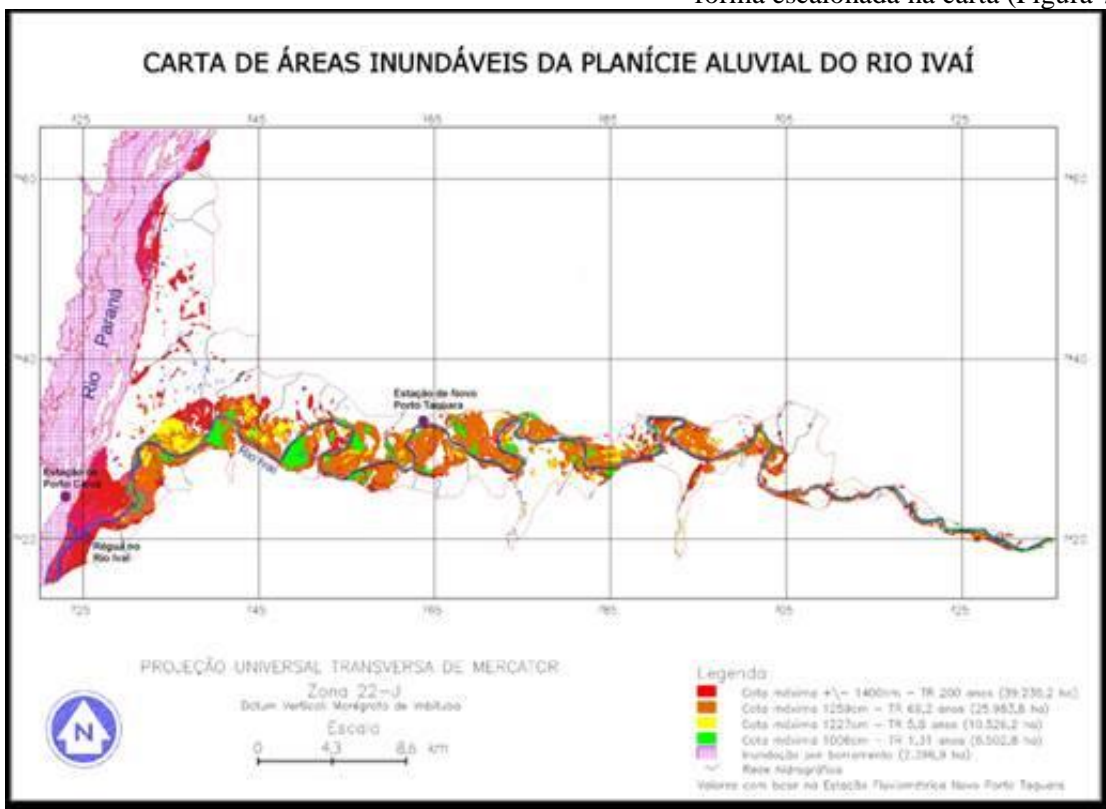


Figura 7: Carta de inundação da planície aluvial do rio Ivaí, baseada em imagens de satélite Landsat e em níveis fluviométricos da estação de Novo Porto Taquara (rio Ivaí).

Fonte: Douhi, N. (2013).

Com base na carta de áreas inundáveis percebe-se que a abrangência das inundações corresponde a pouco mais de 37% da área da planície aluvial do rio Ivaí, o que demonstra que a planície já esteve mais ativa em tempos pretéritos. Essa condição também é evidenciada com base nas características do canal fluvial, bastante encaixado e com níveis de margens plenas que podem atingir até 15 metros se considerado o dique marginal, comum em boa parte da planície de inundação.

Em relação ao tempo de recorrência percebe-se que grande parte da planície de inundação é pouco ativa, considerando que as inundações com maior abrangência espacial possuem tempo de recorrência superior a 5,8 anos e nos casos mais extremos, podendo variar entre 69,2 e 200 anos.

A área inundada com tempo de recorrência de 1,31 anos representa a porção mais ativa da planície de inundação, sendo a que oferece as condições mínimas de conectividade para construção e ou manutenção de ambientes de transição rio-planície-continente. Por outro lado, representa menos de 1% da área da planície aluvial, sendo, portanto, pouco significativa do ponto de vista biótico e da troca gênica. O aporte e retirada de sedimentos que possibilita a modificação morfológica também acaba sendo pouco expressivo.

As áreas inundáveis com maior representatividade espacial, cerca de 10% da planície aluvial, correspondem às cotas superiores a 12,00 m, tendo um tempo de recorrência superior a 4,58 anos. Fato que contribui para ocupação de boa parte da planície de inundação, considerando que o uso para fins econômicos não é tão afetado pelas inundações se considerado o caráter temporal das ocorrências. Neste caso, mesmo que as áreas inundadas sejam maiores, há pouca contribuição do ponto de vista natural, em função do longo tempo de recorrência que impede a formação de ambientes de conectividade, além disso, essas áreas apresentam grandes alterações promovidas pelas atividades produtivas, principalmente a rizicultura e a pecuária.

As inundações por barramento do rio Paraná, embora mais frequentes, afetam apenas cerca de 14 quilômetros da zona de confluência, com área correspondente a 0,23% da planície

aluvial do rio Ivaí, sendo pouco representativas no contexto de totalidade.

Também são verificados pontos de alagamentos na planície aluvial quando há alta umidade antecedente do solo e concentração de chuvas locais. Essas ocorrências estão vinculadas a drenagem deficitária, o que gera pontos de alagamento por acumulação de água das chuvas e por contribuição da elevação do nível do lençol freático. Portanto, nessas condições a área de abrangência espacial e o tempo de permanência da inundação são maiores, já que se somam a inundação promovida pelo extravasamento das águas do rio.

Não foram identificadas grandes discrepâncias entre as inundações regulares (maior recorrência) e as inundações extremas (maior cheia registrada 13,66 m em 03/06/1992 e maior cheia estimada 14,00 m em 01/06/1983). Essas condições de relativa previsibilidade favorecem o planejamento das ocupações e das atividades produtivas, além de reduzirem em parte as preocupações dos moradores quanto aos riscos sociais e econômicos.

A questão que merece ser indagada é quanto à legalidade das ocupações das várzeas e demais áreas que compreendem a planície de inundação do rio Ivaí. Estas áreas com base nos incisos I e III do Art. 2º, incisos I e II do Art. 3º da Resolução CONAMA Nº303 e nos incisos I e XI do Art. 4º do Código Florestal Brasileiro, Lei 12.651/12, constituem áreas de Preservação Permanente e, portanto, não poderiam estar ocupadas com atividades econômicas.

É fundamental para área, a implementação de Políticas Públicas Municipais, Estaduais ou Federais de planejamento e, que estas considerem as informações sobre a dinâmica das inundações e sua abrangência espacial, o que define efetivamente a planície de inundação.

A adequação dos usos e o cumprimento dos aspectos legais quanto à preservação ambiental, são fundamentais para a manutenção das condições mínimas necessárias para os processos naturais presentes na planície de inundação do rio Ivaí. Cabe ainda destacar, que a partir do conhecimento dos limites inundados é possível estabelecer um zoneamento para área, contribuindo não somente para o planejamento de uso, como para redução dos riscos ambientais e socioeconômicos das inundações.

Considerações Finais

A compreensão do comportamento e a definição dos limites das inundações da planície aluvial do rio Ivaí, representam uma contribuição científica importante dentro da geomorfologia fluvial, contemplando também as condições ambientais e as inter-relações com a sociedade. Conhecer os aspectos geomorfológicos e hidrológicos da planície é fundamental para que seja possível estabelecer a periodicidade e a abrangência das inundações.

O comportamento fluvial do rio Ivaí apresenta respostas rápidas e conseqüentemente, a predominância de inundações de curta duração, cerca de 68% delas com até três dias, tendo como principais fatores de contribuição as variáveis pluviométricas e morfométricas da bacia, além de outros, como os tipos de solo, geologia e condições de uso. Ressalta-se, no entanto, que os eventos excepcionais podem manter áreas alagadas por tempo superior a trinta dias.

As inundações foram classificadas em quatro categorias, sendo que cada uma possui relação direta aos determinantes para sua ocorrência, a área de abrangência e o tempo de permanência na planície aluvial.

A identificação e mapeamento da planície de inundação do rio Ivaí tem como proposta permitir a previsão e prevenção de riscos das inundações, além de servir de suporte para o planejamento dessas áreas. Ressalta-se, que para definição dos limites inundáveis da planície aluvial do rio Ivaí, foram considerados apenas os

Agradecimentos

Agradeço a todos que contribuíram em minha caminhada acadêmica, especialmente ao meu orientador, demais professores e amigos. Ao Programa de Pós Graduação em Geografia e ao GEMA (Grupo de Estudos Multidisciplinares do Ambiente) pela disponibilização de equipamentos e Laboratórios que tornaram possível este trabalho. Ao Instituto das Águas do Paraná e as pessoas que colaboraram na coleta de dados hidrológicos, na obtenção de informações cartográficas e na elaboração do material cartográfico.

Referências

Ballais, J. L., Chave, S., Dupont, N., Masson, É., Penven, M. J., 2011. La méthode hydrogeomorphologique de détermination des zones inondables. *Physio-Géo* - collection Ouvrages. Disponível em: <

níveis atingidos nas maiores cheias do período de 1974 a 2013 e que possuem registro em imagens de satélite.

A cartografia das áreas inundáveis demonstra que a planície é pouco atida com menos de 40% da planície aluvial sendo atingida pelas inundações, assim como, apresenta poucos ambientes de integração rio-planície. As inundações concentram-se no intervalo de cotas entre 10,00 e 12,00 m, com recorrência variando entre 1,35 e 4,5 anos. As cotas entre 9,00 e 10,00 m apresentam maior recorrência, com tempo de até 1,31 anos, porém, atingem áreas muito restritas da planície aluvial e com tempo de permanência curto. As cotas superiores a 13,00 m representam os eventos raros ou excepcionais e embora promovam a inundação de grandes áreas e gerem muitas perdas, apresentam um tempo de recorrência superior a 16 anos.

Percebe-se que existe um bom nível de conhecimento empírico por parte dos moradores sobre a dinâmica das inundações e uma maior preocupação com as perdas econômicas e as influências destas na produção, sem correlacionar, no entanto, o efeito inverso, que é o impacto provocado pelas atividades humanas nas áreas que legalmente são de proteção permanente. Nesse aspecto, as informações aqui apresentadas permitirão um melhor planejamento e gerenciamento da planície de inundação, servindo de subsidio para orientação dos moradores e suporte às ações do Poder Público, visando à redução dos impactos ambientais.

<http://www.physio-geo.fr/infos/ballaislourd.pdf>>. Acesso: 20 jan. 2010.

BRASIL, 2012. Lei nº 12.651, de 25 de maio. Dispõe sobre a proteção da vegetação nativa. Publicado no Diário Oficial da União, de 28 de maio de 2012. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2011-2014/2012/Lei/L12651.htm>. Acesso: 05 jun. 2013.

BRASIL, 2002. Resolução nº 303, de 20 de março. Conselho Nacional do Meio Ambiente. Dispõe sobre parâmetros, definições e limites de Áreas de Preservação Permanente. Publicado no Diário Oficial da União, de 13 de maio de 2002. Disponível em: <<http://www.siam.mg.gov.br/sla/download.pdf?idNorma=274>>. Acesso: 23 jul. 2013.

- Castro, A. L. C., 2003. Manual de Desastres: desastres naturais. Volume 1. Ministério do Planejamento e Orçamento, Brasília.
- Charlton, R., 2008. Fundamentals of Fluvial Geomorphology. Routledge, London.
- Comunello, E., 2001. Dinâmica de inundação de áreas sazonalmente alagáveis na planície aluvial do alto rio Paraná. Dissertação (Mestrado em Ecologia de Ambientes Aquáticos Continentais). Maringá, Universidade Estadual de Maringá.
- DIAGNÓSTICO DO APROVEITAMENTO DO BAIXO CURSO DO RIO IVAÍ PARA TRANSPORTE E GERACÃO DE ENERGIA. 1984. THEMAG/PROENSI. V. 1. São Paulo.
- DIAGNÓSTICO DO APROVEITAMENTO DO BAIXO CURSO DO RIO IVAÍ PARA TRANSPORTE E GERACÃO DE ENERGIA. 1984. THEMAG/PROENSI. V. 2. São Paulo.
- Douhi, N., 2013. Regime e sistemas de controle das cheias do baixo Ivaí e cartografia das áreas inundáveis. Tese (Doutorado em Geografia). Maringá, Universidade Estadual de Maringá.
- Garry G., 1985. Photo-interpretation et cartographie des zones inondables. Édit. STU, Paris.
- Hudson, P. F., Colditz, R. R., 2003. Flood Delineation in a Large and Complex Alluvial Valley, Lower Pánuco Basin, Mexico. Journal of Hydrology, 280, 229 – 245. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0022169403002270>>. Acesso: 12 maio 2013.
- Lambert, R., 1990. Pour une approche géographique du temps de retour des averses et de crue. In: Colloque de Vernet, l'Aiguat del 40, les inondations catastrophiques, Univ. de Perpignan, Narbonne.
- Lambert, R., Gholami, M., Prunet, C., 1999. Méthodologie pour une Cartographie Informatique des Zones Inondables en Midi-Pyrénées. Université Toulouse II / DIREN Midi-Pyrénées, Toulouse.
- Leli, I. T., 2010. Variação espacial e temporal da carga suspensa do rio Ivaí. Dissertação (Mestrado em Geografia). Maringá, Universidade Estadual de Maringá.
- Masson, M., 1983. Essai de cartographie des champs d'inondation par photointerprétation. Rapport. CÉTÉ Méditerranée-STU, Aix-en-Provence.
- Meurer, M., 2004. Regime de cheias e cartografia de áreas inundáveis no alto rio Paraná, na região de Porto rico – Pr. Dissertação (Mestrado em Geografia). Maringá, Universidade Estadual de Maringá.
- Morais, E. S., 2010. Evolução da planície de inundação e confluência do rio Ivaí e rio Paraná na região do Pontal do Tigre, Icaraíma - PR: uma abordagem geomorfológica. Dissertação (Mestrado em Geografia). Maringá, Universidade Estadual de Maringá.
- Neiff, J.J., Iriondo, M. H., Carignan, R., 1994. Large Tropical South American Wetlands: An Overview. In: Link, G. L., Naiman, R. J. The Ecology and Management of Aquatic-Terrestrial Ecotones: proceedings book. Seattle, University Washington, 156-165.
- Rocha, P. C., 2002. Dinâmica dos Canais no Sistema Rio-Planície Fluvial do Alto Rio Paraná, nas proximidades de Porto Rico – PR. Tese (Doutorado em Ecologia de Ambientes Aquáticos Continentais). Maringá, Universidade Estadual de Maringá.
- Santos, M. L., 2005. Unidades Geomorfológicas e depósitos sedimentares associados no sistema fluvial do rio Paraná no seu curso superior. Revista Brasileira de Geomorfologia 1, 85-96.
- Santos M. L., Stevaux, J. C., Souza Filho, E., Gasparetto N. V. L., 2008. Geologia e Geomorfologia da Planície Aluvial do Rio Ivaí. Revista Brasileira de Geomorfologia. Uberlândia 9, 23-34.
- SRTM, 2000. Shuttle Radar Topography Mission. Global Land Cover Facility. Disponível em: <<http://glcf.umd.edu/data/srtm/>>. Acesso: 05 jan. 2011.
- Terezan, E. L., 2005. Delimitação do leito maior do baixo rio Ivaí e estabelecimento de sua sazonalidade. Dissertação (Mestrado em Geografia). Maringá, Universidade Estadual de Maringá.
- Villela, S. M., Mattos, A., 1975. Hidrologia aplicada. McGraw-Hill do Brasil, São Paulo.