

Uso de sensoriamento remoto no estudo da planície de inundação na margem esquerda do Rio Paraná

Marcelo Luiz Chicati¹
Marcos Rafael Nanni¹
Everson Cezar¹
Edson Cristiano Groff¹

¹ Universidade Estadual de Maringá, Departamento de Agronomia,
Av. Colombo, 5790, CEP 87020-900, Maringá, PR - Brasil.
mlchicati@yahoo.com.br
mrnanni@uem.br
eversoncezar@yahoo.com.br
ecgroff@hotmail.com

Abstract – The Paraná River is the main former of Silver Basin. It leaves significant that basin meets included in APA das Ilhas e Várzeas do Rio Paraná. The organization of those areas assumes transitory character, facilitating in elapsing time, changes for reorientation of environmental system. That is due to fact of that area frequently be flooded during year, for the river's elevation, or the occurrence of direct precipitations. Being like this, the objectify of this work it was the establishment of occurrence period for floodings in Ivaí River, as well areas reached by the same ones. The studies concentrated on the municipal district of Querência do Norte where was proceeded cartographic and altimetric rising land and the incorporation data in a geographic information system (GIS) that, later on, together with the Landsat images incorporation, it facilitated the elaboration of a numeric model for land representation surface. The results demonstrated altimetric variation of the land to above 100 meters and flooding seasonal variation of the 9 meters above the normal level river, characterizing as in regular situation the regional crops. The conclusion is that seasonality of full Ivaí River meets 9 meters above its normal bed, and this reaches approached quotas of 235,04 meters.

Palavras-chave: flooding, geographic information system, Paraná River, orbital images, alagamento, sistema de informações geográficas, Rio Paraná, imagens orbitais

1. Introdução

O rio Paraná, principal formador da bacia do Prata, é o décimo maior do mundo em descarga e o quarto em área de drenagem, sendo responsável por todo o centro-sul da América do Sul, desde as encostas dos Andes até a Serra do Mar, nas proximidades da costa atlântica (IBAMA, 2001).

A bacia do Paraná, em seu trecho brasileiro, é a que apresenta a maior densidade demográfica do país, levando a um enorme consumo de água para abastecimento e também para indústria e irrigação. Uma parte significativa dessa bacia hidrográfica encontra-se incluída na Área de Proteção Ambiental da Ilhas e Várzeas do Rio Paraná. Segundo Nanni (2000), a compartimentalização dessas áreas assume um caráter transitório, o que permite mudanças gradativas do zoneamento, possibilitando, no decorrer do tempo, mudanças para reordenação do sistema ambiental, sem, contudo, causar prejuízos e/ou traumas no sistema sócio-econômico regional. Isso se deve ao fato dessa região ser frequentemente alagada durante vários períodos do ano, seja pelas enchentes dos rios, ou pela ocorrência de precipitações diretas Piedade (1995).

Grande parte das áreas sujeitas à inundação apresentam-se constantemente ocupadas pelas culturas de arroz e/ou mandioca. Dentro do aspecto legislativo, torna-se difícil a ação ou até a implantação de medidas que venham proteger ou mesmo maximizar a produção dessas culturas, uma vez que, a sazonalidade das cheias com influência dos rios Ivaí e Paraná ainda não foi definida Terezan (2005). Essa situação contradiz a definição do “leito maior sazonal” definida por CONAMA (1985), referente a corpos d'água e que, limita a porção permitida ao uso da terra, sendo assim responsável pela delimitação de áreas agricultáveis ou não.

Visando essa definição, os sistemas de informações geográficas (SIG's), segundo Assunção et al. (1990), adequada e corretamente utilizados, tornam-se poderosas ferramentas que permitem a integração entre dados obtidos de diferentes fontes (imagens orbitais, mapas planialtimétricos, mapas geológicos, etc). Dessa forma, torna-se imprescindível a realização de novos estudos nesta área visando à identificação de padrões mais coerentes com as necessidades locais e ambientais e que, além disso, tornem possível a otimização de métodos e técnicas que venham a facilitar a gestão de toda APA.

Sendo assim, o objetivo deste trabalho foi o estabelecimento do leito maior sazonal do rio Ivaí, bem como das áreas atingidas pelas enchentes e suas implicações na agricultura local.

2. Metodologia de Trabalho

Localizada na região noroeste do estado do Paraná, compreendendo a parte paranaense da Área de Proteção Ambiental Federal das Ilhas e Várzeas do Rio Paraná, instituída pelo decreto s/nº de 30/09/1997, a região de estudos deste trabalho apresenta uma área de 1.003,069 ha, situados no município de Querência do Norte, delimitados pelas coordenadas UTM, no meridiano 51^o W.G., 238 – 252 km e 7428 – 7438 km do Equador, com área total de 59,5 km². O clima local é classificado, segundo Koeppen, como Subtropical Úmido Mesotérmico apresentando verões quentes, com temperaturas médias superiores a 22° C, e também com tendência à concentração de chuvas.

A geologia da área de estudos situa-se na unidade geomorfológica “Unidade Rio Paraná”, e tem uma forma fortemente assimétrica, com espessura variando de 5 a 6 metros na porção correspondente à planície de inundação. Três associações faciológicas compõem esses depósitos: 1) cascalho polimítico arenoso; 2) areia estratificada e seixosa; e 3) lama arenosa. Stevaux (1994). O relevo apresenta-se plano na maior parte de sua extensão, sendo remetido à classe suavemente ondulado em poucos trechos distintos, segundo a classificação da EMBRAPA (1988).

Para obtenção das informações cartográficas locais foi utilizado GPS com modo de correção diferencial, possibilitando posicionamento com erro menor que 5 metros. Os dados altimétricos foram coletados em campo com a utilização de um teodolito estação total de alcance aproximado de 3500 metros, tornando possível a coleta de dados com erro não superior à 5mm + 2ppm LEICA (2006).

Em todo o decorrer do processo de manipulação dos dados cartográficos foi utilizado o *software* denominado Sistema de Processamento de Informações Geocodificadas - SPRING desenvolvido pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE). Por meio deste, foi possível a criação de um Banco de Dados Georreferenciados ao qual se agregou uma vasta gama de informações de fontes variadas, como cartas planialtimétricas, fotografias aéreas, imagens orbitais e dados de campo.

A representação da superfície real do terreno no sistema computacional foi indispensável para a elaboração de um Modelo Numérico do Terreno (MNT), que esteve expresso por equações analíticas e por uma rede (grade) de pontos, que conservaram as características espaciais do terreno. No SPRING, um MNT foi criado na forma de uma grade de pontos regulares Câmara et al. (1998). Este MNT foi utilizado para modelar informações relativas às propriedades do solo e do subsolo, denotando a representação quantitativa de grandezas variáveis no espaço, como a altimetria Assad et al. (1998).

Segundo Câmara et al. (1998), o sistema SPRING utiliza, para geração do MNT, como interpolador padrão, o algoritmo média ponderada/cota/quadrante, onde os pontos dentro de uma grade regular cujas arestas são estabelecidas pelo usuário, contemplam um número de pontos com coordenadas x, y e z, cuja média ponderada é definida para cada quadrante desta grade regular. No caso do interpolador utilizado, o valor de cota de cada ponto da grade foi calculado a partir da média ponderada das cotas dos oito vizinhos mais próximos a este ponto,

porém, atribuiu-se pesos variados para cada ponto amostrado por meio da (função 1) que considerou a distância do ponto cotado ao ponto da grade, como se segue:

$$f(x,y) = \frac{\left(\sum_{i=1}^8 W(x,y)\right) * z}{\left(\sum_{i=1}^8 W(x,y)\right)} \quad (1)$$

onde:

$$d = ((x - x_0)^2 + (y - y_0)^2)^{1/2}$$

d = distância euclidiana do ponto interpolante ao vizinho i ;

$w(x,y) = (1/d)^{u-1}$ $u = 1$ = expoente da função de ponderação;

$w(x,y)$ = função de ponderação;

$f(x,y)$ = função de interpolação.

Após o cálculo da média ponderada, foi considerada uma amostra por quadrante (total de quatro amostras) e o número de pontos amostrados foi igual para cada um dos quadrantes INPE (2004).

O procedimento adotado para a transferência das coordenadas do referencial no município de Querência do Norte (RN 2037 E) foi realizado tanto com o intuito de servir como suporte a geração do MNT como também de possibilitar uma melhor definição do terreno através do processo de nivelamento, distinguindo claramente, nos modelos digitais, as planícies, elevações, canais de irrigação, etc.

A partir desse momento foi realizada a incorporação de imagens orbitais ao SIG por meio do registro das mesmas. Por meio do sistema SPRING, as cenas foram devidamente registradas e incorporadas no banco de dados utilizando-se as coordenadas coletadas a campo. Tentando manter o valor do pixel o mais semelhante possível ao seu valor original, o algoritmo utilizado para o registro foi o vizinho mais próximo, utilizando-se equação de primeiro grau, uma vez que os outros métodos usualmente utilizados, alteram mais sensivelmente o valor de cada *pixel* Jensen (1986); Crósta (1992). Este procedimento tornou possível então, a modelagem do sistema de inundações da região de estudo.

3. Resultados e Discussão

O sistema hidrográfico observado na região mostrou-se responsável por cheias em períodos irregulares e com espaços de tempo indeterminado, apresentando-se distribuído de forma bastante complexa, principalmente pela condição de relevo regional, extremamente plano, o que confere aos canais de irrigação um caráter sazonal, ou seja, presentes ou ausentes, dependendo das condições de vazão do sistema. Isso confere também aos canais o caráter, ora meândrico, em períodos de cheias, ora dendrítico, quando em períodos de secas.

Nesse sistema, a vazão normal do rio Ivaí, de aproximadamente $264 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$ sofre influências de diversos fatores externos como chuvas, vazão oscilante dos canais de irrigação, ação antrópica, etc, levando à ocorrência, em determinados momentos, das cheias, como citado por CPRM (2004).

Segundo Stevaux et al. (1988), a várzea do rio Ivaí provavelmente é subatual, construída em diferentes fases de erosão e sedimentação, comprovando as bases para existência de tais compartimentos diferenciados na área.

De acordo com os dados obtidos no levantamento altimétrico, observou-se que a diferença de nível entre o ponto mais alto (352,26) e mais baixo (232,54) da área é bastante grande, ultrapassando os 100 metros. O modelo tridimensional da área (Figura 1) possibilitou um melhor entendimento da dinâmica das águas no terreno, uma vez que, demonstra com clareza a divisão do espaço em dois compartimentos de nivelamento diferenciado, conforme Nanni (2000).

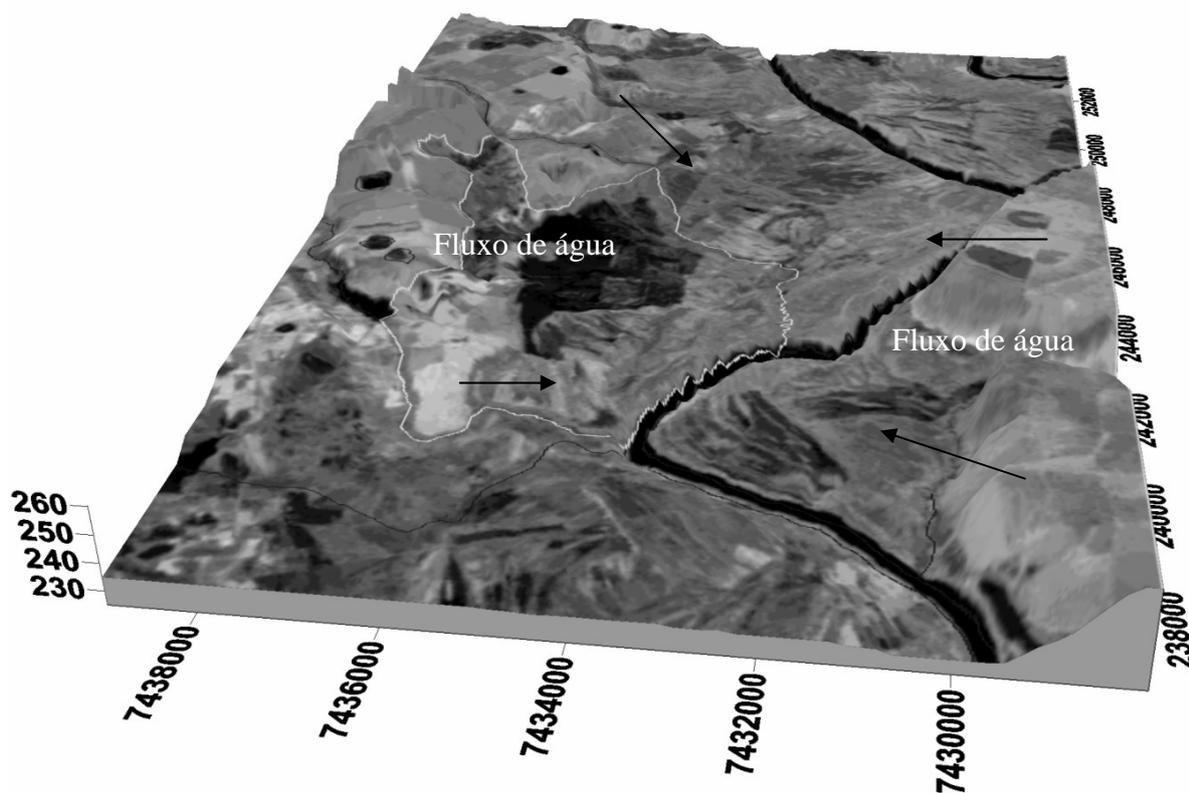


Figura 1. Modelo tridimensional da área de estudo.

Com base em observações de imagens orbitais de períodos distintos e nas observações das leituras de réguas de 31 anos, constatou-se uma repetição de cheias superiores a 9 metros recorrentes num período de 30 anos, caracterizando uma representação de 97% de incidência contra 81% de incidência para 10 metros, o que legitima a consideração de sazonalidade anual para 9 metros.

De acordo com a Tabela 1 observou-se que, quando foi considerada a cota máxima em régua, o ano de 1991 foi o único que não apresentou valores, pois a maior leitura de régua neste ano foi de 6,82 m. Observou-se também, neste período, que a maior leitura ocorreu no ano de 2004, com 15,72 m. Entretanto, foi necessário considerar-se a média de leituras desses 31 anos para obtenção de um valor padrão de nivelamento do rio, isto é, qual o valor de régua a ser considerado normal para o rio no estabelecimento da área possivelmente inundada pelas cheias do mesmo.

Os dados de nivelamento foram então utilizados para elaboração de uma representação da área alagável Figura 2 denominada “Leito Maior” do rio.

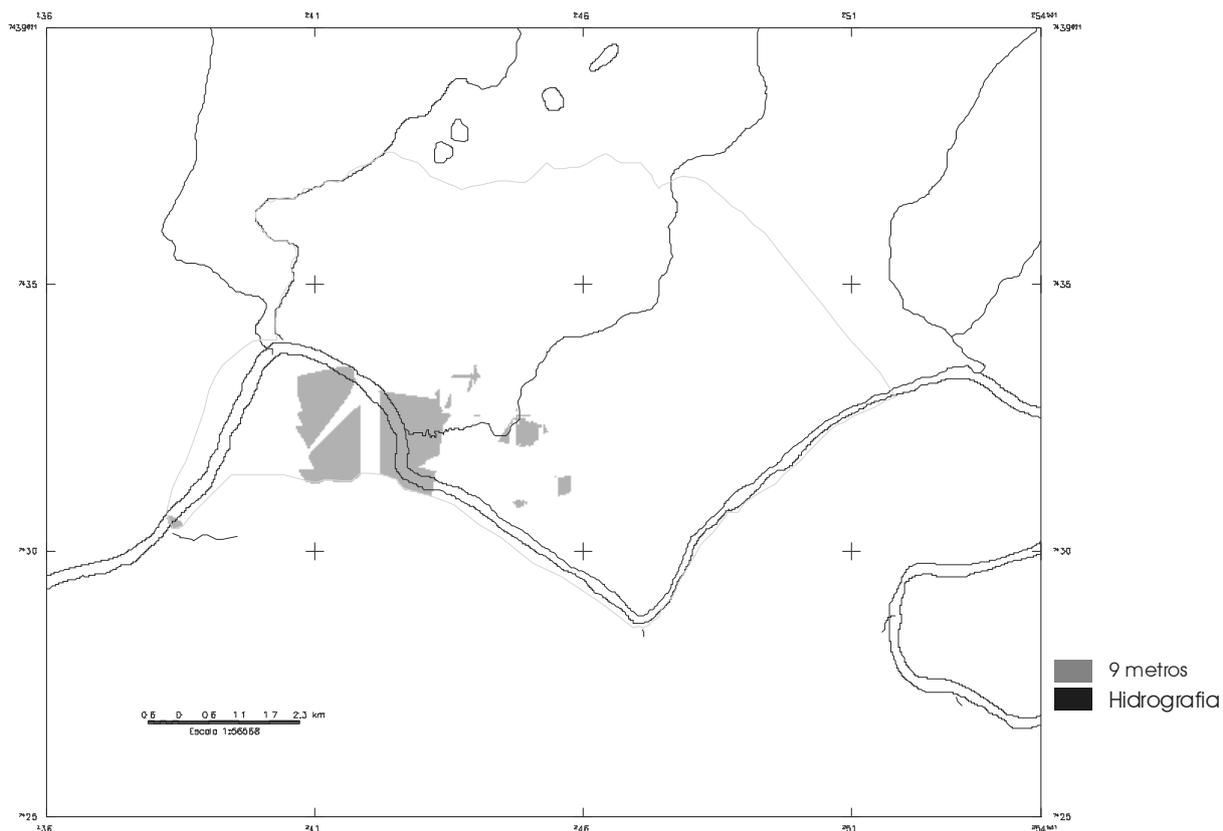


Figura 2. Leito maior sazonal em 9 metros.

Acima de 9 metros (nível de régua) caracteriza-se na região o trecho denominado como Leito Maior Sazonal do rio, onde ocorrem as maiores cheias e com intervalos regulares. Esse deve ser então determinado como o trecho a ser respeitado para a implantação da Área de Preservação Permanente (APP) na região, de acordo com CONAMA (1985).

A ocorrência de cheias que venham a ocupar as áreas de plantio das culturas regionais pode ser observada na Figura 3, onde o nível de régua alcança 12 metros. A frequência observada na Tabela 1, para esta cota, ocorre apenas em oito oportunidades nos 31 anos analisados (mar/83, mai/87, jun/90, out/93, out/98, mai/02, jan/03 e mai/04), em períodos descompassados e que não caracterizam nenhuma forma de sazonalidade.

Tabela 1. Dados de leituras de régua do rio Ivaí coletados na estação Novo Porto Taquara do IBGE.

Data	Medida de régua (mm)		
	Acima de 8 metros	Acima de 9 metros	Acima de 10 metros
out/74	1044	1044	1044
out/75	924	924	- (1)
jun/76	1198	1198	1198
jan/77	1110	1110	1110
jul/78	1000	1000	1000
set/79	1104	1104	1104
dez/80	1016	1016	1016
dez/81	966	966	- (1)
jun/82	1125	1125	1125
mar/83	1250	1250	1250
set/84	1048	1048	1048
mai/85	1089	1089	1089
mai/86	1044	1044	1044
mai/87	1230	1230	1230
mai/88	1124	1124	1124
ago/89	1013	1013	1013
jan/90	1234	1234	1234
mai/92	1196	1196	1196
out/93	1260	1260	1260
jun/94	1054	1054	1054
jan/95	993	993	- (1)
jan/96	908	908	- (1)
jan/97	1198	1198	1198
out/98	1247	1247	1247
jul/99	1008	1008	1008
set/00	1117	1117	1117
out/01	908	908	- (1)
mai/02	1222	1222	1222
jan/03	1248	1248	1248
mai/04	1572	1572	1572

Fonte: Leituras de régua realizadas na estação do IBGE Novo Porto Taquara, no município de Douradina, no mês de junho de 2004.

⁽¹⁾: Leituras de régua que não ultrapassaram o nível de 10 metros nas datas referidas.

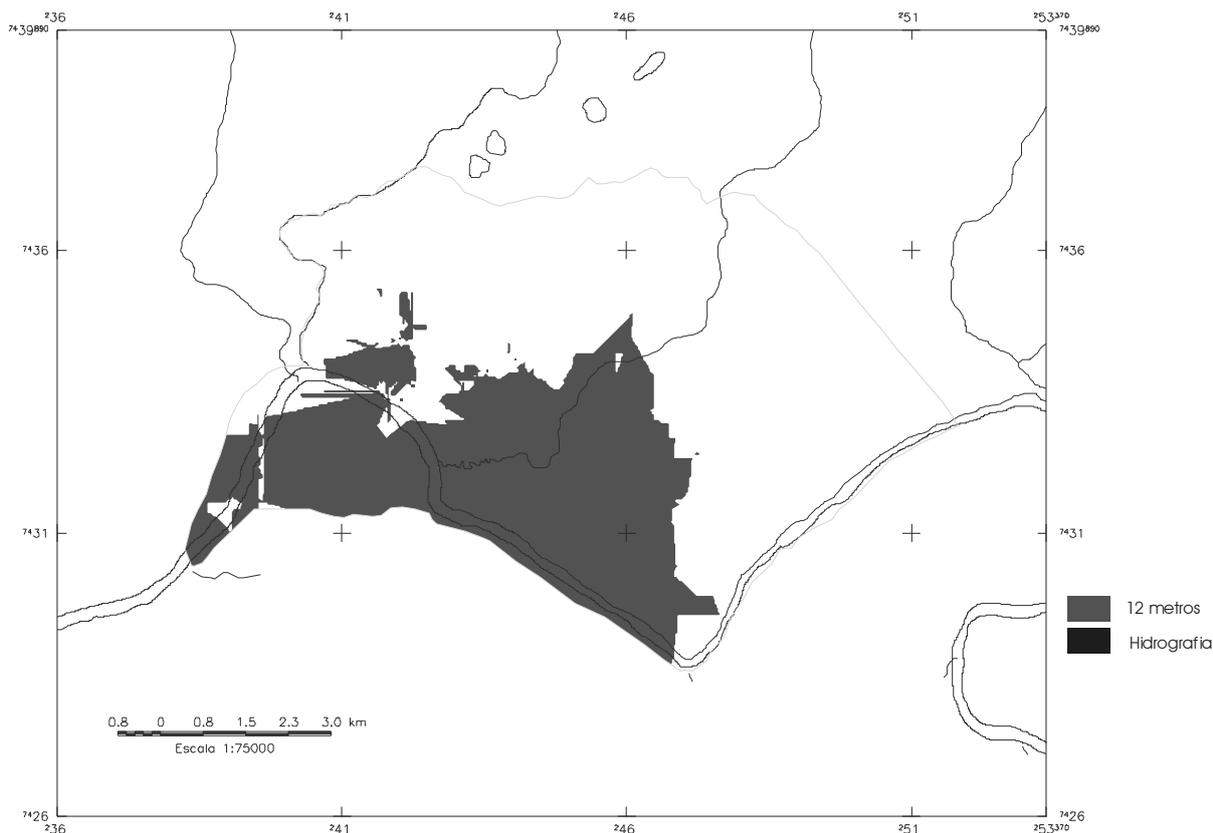


Figura 3. Área ocupada pela cheia de 12 metros.

Dessa forma, fica evidente que as lavouras cultivadas na região encontram-se em condições regulares, e, baseadas neste modelo de inundação, podem continuar existindo sem nenhuma forma de restrição.

4. Conclusões

1. A sazonalidade das cheias, segundo as observações locais e dados de estações do IBGE é determinada pelo modelo de inundação proposto quando a área alagada atinge 9 metros acima do seu leito normal.

2. O leito maior do rio Ivaí na região situa-se na porção atingida pelas cheias com maior frequência e que é localizada quando essas atingem aproximadamente a cota de 235,04 metros e acima desta.

3. Não foi possível o estabelecimento de um período que represente a frequência temporal das enchentes, uma vez que, as mesmas não apresentam épocas definidas de ocorrência.

Referências Bibliográficas

Assad, E. D.; Sano, E. E. **Sistema de Informações Geográficas**. Brasília: Serviço de Produção de Informação – SPI, 1998.

Assunção, G. V.; Formaggio, A. R.; Alves, A. R. Mapa de aptidão agrícola das terras e uso adequado das terras: uma abordagem usando sgi e imagens de satélite. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 6, 1990, Manaus. **Anais...** São José dos Campos : INPE, 1990, p. 162 - 166.

BRASIL (1965), **Lei 4771, de 15 de Setembro de 1965 e alterada pela Lei 7.803 de 18 de Julho de 1989**. Institui o Novo Código Florestal. Artigo 2º, item a.

Câmara, G.; Medeiros, J. S. Mapas e suas representações computacionais. In: ASSAD, E. D.; S. E. E. **Sistemas de Informações geográficas – aplicações na agricultura**. Brasília : Embrapa/SPI, 1998. cap. 2, p.13-29.

CONAMA - Conselho Nacional de Meio Ambiente. **Resolução 004**. 18 de setembro de 1985.

CPRM. Definição da Planície de Inundação da Cidade de Governador Valadares. **Relatório Técnico Final**. Belo Horizonte, 2004.

Crósta, A. P. **Processamento digital de imagens de sensoriamento remoto**. Campinas: UNICAMP, 1992. 170 p.

EMBRAPA. **Crítérios Para Distinção de Classes de Solos e de Fases de Unidades de Mapeamento**. Rio de Janeiro, 1988. 67p. (EMBRAPA – SNLCS, Documento 11).

IBAMA. **Roteiro Metodológico para a Gestão de Área de Proteção Ambiental, APA. Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis**. Brasília: Ed. IBAMA, 2001.

IBGE. **Relatório de Estação Geodésica – RN 2037E – Querência do Norte/PR**. Coordenação de Geodésia, DGC, IBGE. 2006 b.

INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS. **Manuais do Sistema de Processamento de Informações Georreferenciadas (SPRING)**. 2004.

Jensen, J. R. **Introductory digital image processing: a remote sensing perspective**. New Jersey : Prentice-Hall, 1986. 379 p.

LEICA Geosystems. Estação Total LEICA TPS400 Series: **Manual do Usuário**. Heerbrugg, Switzerland. 2006.

Nanni, M. R. Zoneamento agropastoril. In: ITCA. **Zoneamento ecológico econômico da APA do Rio Paraná. Maringá** : edição do autor, 2000, 21p.

Piedade, M. T. F. Influência do Pulso de Cheias e Vazantes na Dinâmica Ecológica de Áreas Inundáveis. **Projeto de Pesquisa Dirigida**. INPA, Brasília. 1995.

Stevaux, J. C. **The upper Parana river (Brazil): geomorphology, sedimentology, and paleoclimatology. Quat. Internat.**. 1994. v.21, p.143-161.

Stevaux, J. C. Guasque, L. K.; Nunes, W. M. C. In: **Relatório de Impacto Ambiental do Programa de Irrigação e Drenagem para a Bacia do Baixo Rio Ivaí**. Universidade Estadual de Maringá. Maringá. 1988. Vol. I. p. 25-36.

Terezan, E. L. **Delimitação do Leito Maior do Baixo Rio Ivaí e Estabelecimento de sua Sazonalidade**. Dissertação de mestrado. UEM, Maringá, 2005. 81 p.