

## Indicação de vulnerabilidade ambiental na bacia hidrográfica do rio Ivinhema, Mato Grosso do Sul, utilizando Sistema de Informações Geográficas

Adelsom Soares Filho <sup>1</sup>  
Carlos Roberto de Souza Filho <sup>1</sup>

<sup>1</sup> Universidade Estadual de Campinas - UNICAMP  
Instituto de Geociências – Caixa Postal 6152 – CEP 13083-970 - Campinas - SP, Brasil  
adelsomfilho@ige.unicamp.br, beto@ige.unicamp.br

**Abstract.** Watersheds are important areas in terms of their dynamics and diverse ecological weakness. The Ivinhema river watershed, focus of this study, is located in the southern portion of the State of Mato Grosso do Sul river basin. It belongs to the Paraná river watershed and is impacted primarily by intensive landuse of agriculture and livestock. Aiming to determine the environmental conditions in this basin, in this study, GIS-based maps of environmental vulnerability were generated, considering geological, geomorphological, pedological, vegetation cover and landuse data. The weights assigned to the maps were based on the concept of stability of each feature considering ecodynamics analysis. The interpretation of this resulting map enabled us to diagnose the areas most sensitive to environmental problems, allowing the decision-making for territory planning.

**Palavras-chave:** environmental vulnerability, geographic information system, watershed, vulnerabilidade ambiental, sistema de informações geográficas, bacia hidrográfica.

### 1. Introdução

Entender o espaço geográfico é fundamental para entender a atividade humana. Numa relação recíproca, o homem tanto influencia como é influenciado pelo espaço que o cerca. Vários são os processos onde podemos notar a veracidade desta afirmação, contudo, destacamos os processos de uso e ocupação do solo pela série de implicações ambientais envolvidas e atuação direta na transformação da paisagem.

O termo paisagem aqui adotado faz uso do conceito de Bertrand (1972 p.2): “*A paisagem não é a simples adição de elementos geográficos disparatados. É, numa determinada porção do espaço, o resultado da combinação dinâmica, portanto instável, de elementos físicos, biológicos e antrópicos que, reagindo dialeticamente uns sobre os outros, fazem da paisagem um conjunto único e indissociável, em perpétua evolução. [...] É preciso frisar bem que não se trata somente de paisagem ‘natural’ mas da paisagem total integrando todas as implicações da ação antrópica*”.

Estando clara a abrangência e integração do conceito de paisagem, tem-se que a mesma pode ser dividida em diferentes unidades diferenciadas pelo relevo, clima, cobertura vegetal, solos e geologia, o que resulta em um panorama enormemente diversificado de ambientes naturais. Neste cenário, o homem, como ser social, interfere criando novas situações ao construir e reordenar os espaços físicos com a implantação de cidades, estradas, atividades agrícolas, instalações de barragens, entre inúmeras outras. Todas essas alterações introduzidas pelo homem no ambiente natural alteram o equilíbrio de uma natureza que não é estática, mas que apresenta quase sempre um dinamismo harmonioso em evolução estável e contínua, quando não afetada pelos homens (ROSS, 1991, p.12).

A partir desse contexto, percebe-se que as ações realizadas pelo homem no ambiente devem ser precedidas por uma minuciosa compreensão desse ambiente e das leis que regem seu funcionamento, tornando-se necessário elaborar estudos e diagnósticos ambientais que forneçam diretrizes que permitam imprimir as modificações que minimizem os efeitos negativos através de medidas técnicas preventivas ou corretivas, não significando que o ambiente será preservado.

Neste ponto reafirma-se a importância do ordenamento territorial. No Brasil, que sofreu uma forte e cada vez mais incisiva influência externa do desenvolvimento tecnológico, caracterizando-se como “importador de tecnologias e capitais”, os problemas sociais, culturais e ambientais são marcadamente fruto da disparidade da capacidade e de oportunidades das diferentes camadas sociais de absorver e ajustar-se aos impactos criados por esse mesmo ordenamento.

Desse modo, ROSS, (2006, p.52) destaca que a partir da perspectiva de planejamento econômico e ambiental do território, quer seja municipal, estadual, federal de bacia hidrográfica dentre outros, é absolutamente necessário que as intervenções humanas sejam planejadas com objetivos claros de ordenamento territorial, tomando-se como premissas a potencialidade dos recursos naturais e humanos, de um lado, e as fragilidades dos ambientes naturais, de outro. Enfatiza que é imprescindível a pesquisa sobre as fragilidades e potencialidades ambientais integradas das relações da sociedade com a natureza (ROSS, p. 53, 2006).

Considerado o efeito que as mudanças nos padrões de uso e ocupação do solo podem ter sobre o ambiente em que se dão, deve-se atentar para novas mudanças que possam vir a ocorrer, procurando atenuar os impactos negativos que possa estar presente nesses processos de uso e ocupação.

A ausência de estudos relacionados a fragilidades e potencialidades ambientais em bacias hidrográficas no Mato Grosso do Sul pode comprometer o planejamento físico-territorial e, em muitos casos, levar ao esgotamento de áreas naturais de forma muito rápida. Sendo assim, os estudos de vulnerabilidade ambiental considerando as interações do meio físico e indiretamente o social com o mapeamento de uso da terra, torna-se um importante instrumento para o diagnóstico ambiental e auxiliar no planejamento territorial. Nesse contexto, esse trabalho tem como objetivo o mapeamento da vulnerabilidade ambiental da bacia hidrográfica do rio Ivinhema em Mato Grosso do Sul.

## **2. Metodologia**

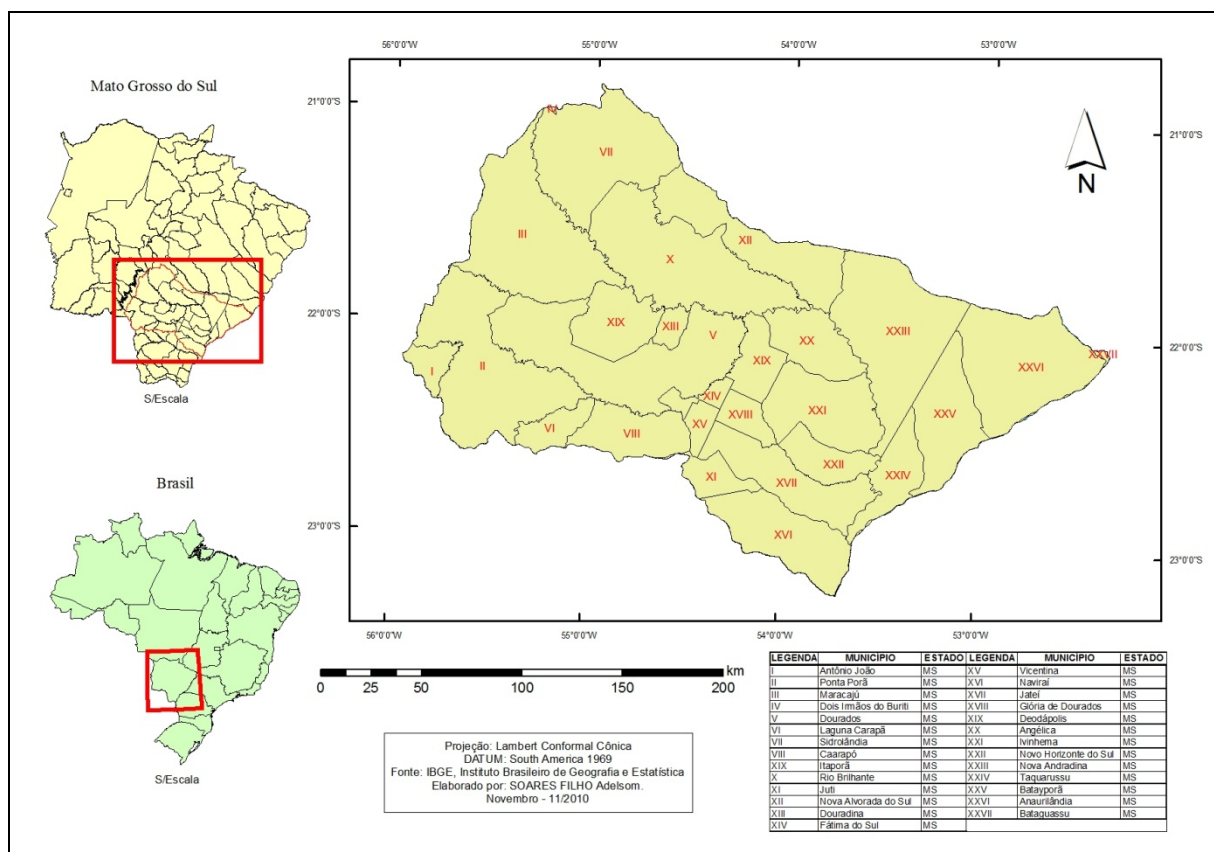
### **2.1 Área de Estudo**

No território de Mato Grosso do Sul configuram-se duas das doze Regiões Hidrográficas do Brasil, definidas pela Resolução nº 32/2003 do Conselho Nacional de Recursos Hídricos: a Região Hidrográfica do Paraguai, constituída pela bacia do rio Paraguai, a oeste, e a Região Hidrográfica do Rio Paraná, constituída pela bacia do rio Paraná, a leste (Figura 1). A Serra de Maracaju praticamente delimita o divisor de águas no Estado de MS, que se estende de nordeste a sudoeste, configurando paisagens bem distintas, em termos geomorfológicos e de recursos naturais, entre as duas grandes bacias hidrográficas do rio Paraná e do rio Paraguai (ZEE/MS, 2009).

A Região Hidrográfica do Paraná ocupa uma área total de 169.488,662 km<sup>2</sup>, o que representa aproximadamente 47,46% da área do Estado de MS, e é habitada por 78,26% da população sul-mato-grossense, em 2005. Nessa Região destacam-se os rios Aporé, Sucuriú, Verde, Pardo, Ivinhema, Amambai e Iguatemi, à margem direita do rio Paraná. É a bacia hidrográfica ambientalmente mais impactada, com problemas ambientais referentes às emissões das indústrias instaladas e lixões, supressão de matas ciliares e das áreas de reserva legal, processos erosivos provocados pelas atividades da agricultura e pecuária, e poluição das águas superficiais e subterrâneas, resultante do uso indiscriminado de agrotóxicos. Nesse contexto, destacam-se as bacias do rio Pardo e do rio Ivinhema, respectivamente, representadas pelos municípios de Campo Grande e Dourados. (PERH, 2008).

A bacia hidrográfica do Rio Ivinhema, objeto deste trabalho, possui uma área de 44.967 km<sup>2</sup>, está localizada no centro-sul de Mato Grosso do Sul, ocupando cerca de 12,5 % da área

do estado (MATO GROSSO DO SUL, 1994b; IMAP, 2003). Cartograficamente situada entre as coordenadas geográficas 21°00' e 23°30' de latitude Sul e 52°30' e 56°00' de longitude Oeste (Figura 1). Conta com vinte e três municípios em sua área, alguns com o território totalmente inserido na bacia enquanto outros parcialmente, sendo a cidade de Dourados a maior delas.



**Figura 1.** Localização da bacia hidrográfica do rio Ivinhema.

## 2.2 Materiais e Métodos

Para o desenvolvimento do trabalho, foi necessária a utilização de vários materiais e dados temáticos de diversas instituições em forma de arquivos digitais georeferenciados, conforme descritos nas Tabelas 1, 2 e 3.

**Tabela 1** – Dados Temáticos

TIPO DE DADO	FORMATO	ESCALA	DESCRIÇÃO
Mapa Geológico	Digital	1.000.000	Mapa digital obtido junto ao ZEE-MS, em formato shapefile.
Mapa Geomorfológico	Digital	1:250.000	Mapa digital obtido junto ao ZEE-MS, em formato shapefile.
Mapa Pedológico	Digital	1:250.000	Mapa digital obtido junto ao ZEE-MS, em formato shapefile.
Mapa vegetação	Digital	1:250.000	Mapa digital obtido junto ao ZEE-MS, em formato shapefile.
Cartas Topográficas	Digital	1:100.000	Divisão de Serviço Geográfico, com equidistância entre as curvas de nível de 40 metros.

**Tabela 2 – Imagens Landsat**

SENSOR	FORMATO	ÓRBITA/PONTO	RESOLUÇÃO	ANOS
TM/LANDSAT-5	Digital	223/75	Pixel de 30m X 30m	04/02/2008
TM/LANDSAT-5	Digital	223/76	Pixel de 30m X 30m	08/04/2008
TM/LANDSAT-5	Digital	224/75	Pixel de 30m X 30m	30/03/2008
TM/LANDSAT-5	Digital	224/76	Pixel de 30m X 30m	30/03/2008
TM/LANDSAT-5	Digital	224/74	Pixel de 30m X 30m	05/03/2008
TM/LANDSAT-5	Digital	225/75	Pixel de 30m X 30m	05/03/2008
TM/LANDSAT-5	Digital	225/76	Pixel de 30m X 30m	05/03/2008
TM/LANDSAT-5	Digital	Mosaico Geocover	Pixel de 14,25X 14,25	2000

**Tabela 3 – Dados SRTM (Shuttle Radar Topography Mission)**

TIPO DE DADO	FORMATO	ARTICULAÇÃO	RESOLUÇÃO	ANO
SRTM	Digital	SF-21-X-C	Pixel de 90m x 90m	2000
SRTM	Digital	SF-21-Z-A	Pixel de 90m x 90m	2000
SRTM	Digital	SF-21-X-D	Pixel de 90m x 90m	2000
SRTM	Digital	SF-21-Z-B	Pixel de 90m x 90m	2000
SRTM	Digital	SF-22-V-C	Pixel de 90m x 90m	2000
SRTM	Digital	SF-22-Y-A	Pixel de 90m x 90m	2000
SRTM	Digital	SF-22-Y-C	Pixel de 90m x 90m	2000

Nessa pesquisa foi utilizado o processo de delimitação automática de bacias hidrográficas em SIGs, utilizando informações de relevo, representadas por uma estrutura numérica de dados correspondente à distribuição espacial da altitude e da superfície do terreno, denominada Modelo Numérico de Terreno (MNT). O MNT foi obtido por meio da interpolação de cotas de nível extraídas através de imagens de sensores remotos.

Os Mapas de vulnerabilidade natural e ambiental foram elaborados a partir dos dados de geologia, geomorfologia, pedologia e clima e uso da terra e cobertura vegetal. A metodologia utilizada foi baseada em Crepani *et. al.* (2001), cujos critérios permitiram a criação de um modelo onde se buscou a avaliação, de forma relativa e empírica, do estágio de evolução morfodinâmica das unidades da paisagem atribuindo-se valores de estabilidade às categorias morfodinâmicas, conforme a Tabela 4.

**Tabela 4. Classificação da vulnerabilidade ambiental.**

<i>Categoria morfodinâmica</i>	<i>Relação Pedogênese / Morfogênese</i>	<i>Valor</i>
Estável	Prevalece a Pedogênese	1,0
Intermediária	Equilíbrio Pedogênese / Morfogênese	2,0
<b>Instável</b>	Prevalece a Morfogênese	3,0

FONTE: Crepani *et. al.* (2001).

Os temas que compõem cada unidade da paisagem, geologia, geomorfologia, pedologia e vegetação, foram convertidos do formato vetorial para matricial. As imagens Landsat/TM foram registradas tendo como referência espacial o mosaico Geocover. O tema uso da terra foi elaborado a partir de imagens Landsat/TM e exportados em formato matricial para processamento em SIG. Considerando-se as classes dos temas geologia, geomorfologia, solos e vegetação e seus respectivos pesos normalizados pelo classificador fuzzy, elaborou-se o mapa de vulnerabilidade natural. Posteriormente, adicionou-se o mapa de uso da terra, gerando-se como produto final o mapa de vulnerabilidade ambiental.

Cada feição recebeu individualmente um peso de acordo com as escalas da Tabela 5:

**Tabela 5.** Pesos Associados às Classes dos Mapas Temáticos.

<b>Geologia</b>	<b>Peso</b>	<b>Geomorfologia</b>	<b>Peso</b>
Ha– Aluviões Atuais	3,0	Divisores tab. Rio Verde/Pardo	1,5
Jksg – Formação Serra Geral	1,5	Divisores Sub-bacia Meridionais	1,5
Ka – Formação Adamantina	2,5	Modelados de acumulação	2,0
Kc – Formação Caiuá	2,5	Patamares da Serrá do Aporé	1,5
Ksa – Formação Santo Anastácio	2,5	Planalto de Dourados	1,5
Qpp – Formação Ponta Porã	3,0	Planalto de Maracajú	1,6
		Seg. Patamar borda ocidental	1,5
		Superfície rampeada N. Andradina	1,5
		Vale do Paraná	2,0
<b>Vegetação</b>	<b>Peso</b>	<b>Solos</b>	<b>Peso</b>
Floresta Aluvial	1,6	Latossolo vermelho	2,0
Encrave/Formações	2,5	Argissolo vermelho/amarelo	2,0
Arbórea aberta	2,1	Neossolo Quartzozo	3,0
Influência Fluvial	1,0	Planossolo Háplico	2,0
Arbórea densa	1,7	Associação complexa	2,0
Parque	2,5	Organossolo	3,0
Reflorestamento	2,5	Gleissolo	3,0
Floresta submontana	1,2		
<b>Uso da Terra</b>	<b>Peso</b>	<b>Uso da Terra</b>	<b>Peso</b>
Água	-	Agricultura/Pastagem	2,9
Agricultura	2,1	Vegetação natural	-
Solo Exposto	2,9	Urbano	2,9

De acordo com a escala de vulnerabilidade, as unidades que apresentam maior estabilidade foram representadas por valores próximos de 1,0; as de estabilidade intermediária próximo de 2,0; e as mais vulneráveis mais próximas de 3,0.

Para o processamento dos dados e geração dos produtos cartográficos, utilizou-se o software Arcgis versão 9.3 da ESRI, o software Envi versão 4.7 da ITT visual information solutions. Como apoio visual na classificação das imagens Landsat, utilizou-se imagens de mais alta resolução disponíveis no Google Earth, versão 5.0.

### 3. Resultados e Discussão

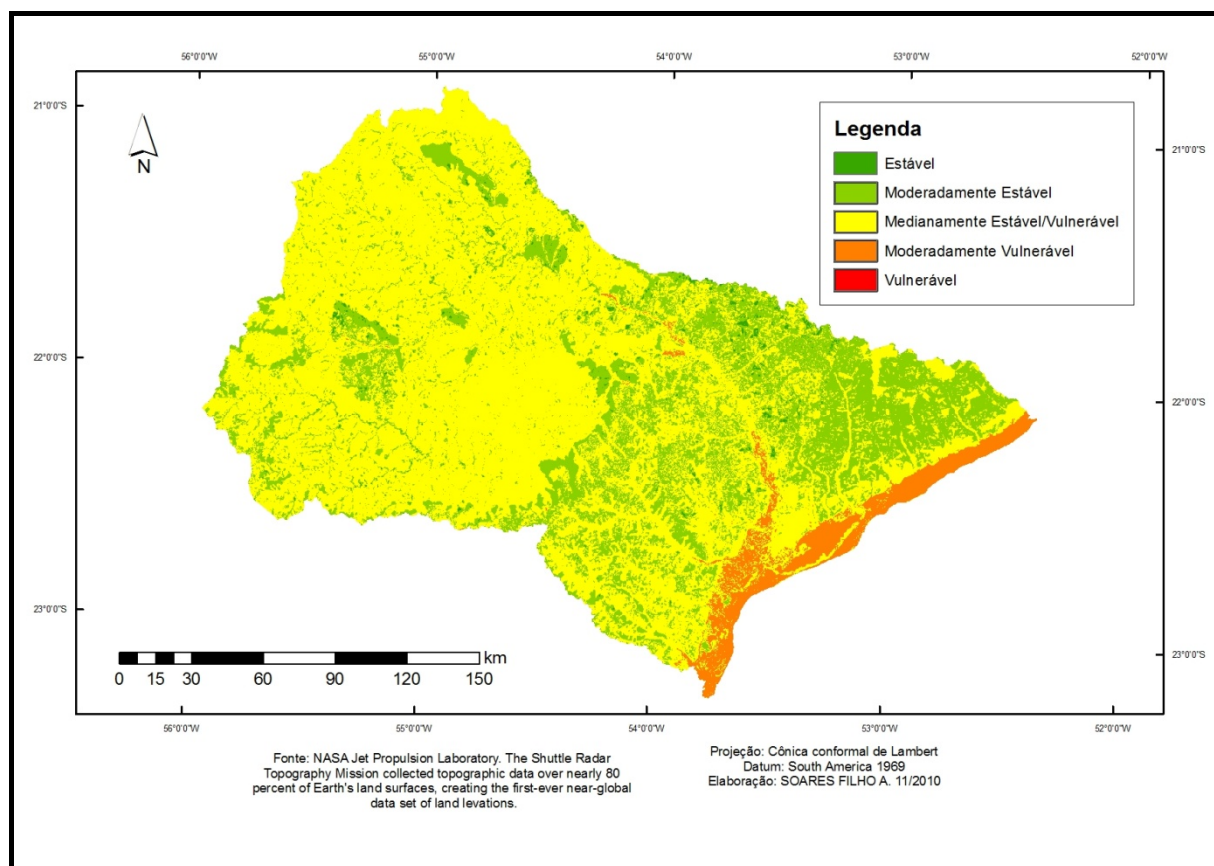
O conhecimento das classes de vulnerabilidade ambiental à erosão pode contribuir para a criação de diretrizes e oportunizar o planejamento do uso da terra num determinado território. A vulnerabilidade ambiental é resultado da integração e ponderação dos dados de geologia, geomorfologia, vegetação, solos e uso da terra, levando-se em conta, além dos dados físicos, os dados sócioeconômicos, indiretamente relacionados aos dados de uso.

A vulnerabilidade ambiental na bacia do rio Ivinhema pode ser observada na Tabela 6 e na Figura 2. As classes encontram-se distribuídas de acordo com a escala apresentada por Crepani et al. (2001). Verifica-se que as classes mais representativas são duas, moderadamente estável e medianamente estável/vulnerável, que ocupam cerca de 91% da área (40.955 km<sup>2</sup>).

A classe moderadamente vulnerável está distribuída nas áreas de planícies de inundação, principalmente na parte baixa da bacia, próximo da foz do rio. Localiza-se em área geologicamente representada por Aluviões Atuais, no vale do Paraná, com cobertura vegetal diversificada, representada por floresta aluvial, áreas de formações pioneiras, contato savana/floresta estacional e usos de agricultura e pastagem.

**Tabela 6.** Quantificação da vulnerabilidade ambiental da bacia hidrográfica

Classe	Área (km <sup>2</sup> )	% na Área
Estável	2.232	4,96
Moderadamente estável	22.190	49,34
Medianamente est/vulnerável	18.765	41,73
Moderadamente vulnerável	1.786	3,97

**Figura 2.** Mapa de vulnerabilidade ambiental da bacia hidrográfica do rio Ivinhema.

#### 4. Conclusões

Os mapas de vulnerabilidade ambiental objetivam representar o comportamento atual da paisagem em relação às respostas dos processos de uso da terra, possibilitando conhecer ambientes que apresentem alto risco ambiental, bem como áreas potencialmente estáveis, para fins de planejamento e ordenamento territorial.

Os resultados apresentados na carta de vulnerabilidade ambiental da bacia hidrográfica do rio Ivinhema, permitem inferir que a abordagem holística aplicada aos estudos da paisagem oportuniza uma visão sintética das interações entre as variáveis ambientais, sem perda da análise do todo.

A utilização do método de valores classificados e normalizados pela lógica fuzzy mostrou-se adequado, apresentando vantagens na hierarquização dos pesos atribuídos.

A bacia do rio Ivinhema apresenta predominância da classe moderadamente estável. No entanto, a região leste e sudeste são mais vulneráveis, comportando a classe moderadamente vulnerável.

## **Agradecimentos**

Deixo expresso meus sinceros agradecimentos a Secretaria de Estado de Meio Ambiente, do Planejamento, da Ciência e Tecnologia, SEMAC/MS, pela cedência dos dados georeferenciados para a elaboração do trabalho.

## **Referências Bibliográficas**

Bertrand, G. **Paisagem e geografia física global: esboço metodológico**. In: *Cadernos de ciências da terra*. São Paulo, v. 13, p. 1-27, 1972.

Crepani, E.; Medeiros, J. S.; Hernandez, P.; Florenzano, T.G.; Duarte, V.; Barbosa, C. C. **Sensoriamento remoto e geoprocessamento aplicado ao zoneamento ecológico-econômico e ao ordenamento territorial**. São José dos Campos: SAE/INPE, 2001.

Mato Grosso do Sul, 2008 - **Plano Estadual de Recursos Hídricos de MS**. No prelo.

Mato Grosso do Sul. Secretaria de Estado de Meio Ambiente / Instituto de Meio Ambiente Pantanal. **Gerência de Recursos Hídricos. Centro de Controle Ambiental. Relatório de Qualidade das Águas Superficiais da Bacia do Alto Paraguai 2000**. Campo Grande: IMAP/MS, 2003. P. 70-86

Mato Grosso do Sul. **Zoneamento Ecológico Econômico do Estado de Mato Grosso do Sul**, vol I, 2008. 128 p.

Ross, J. **Ecogeografia do Brasil: subsídios para planejamento ambiental**. São Paulo: Oficina de textos, 2006, 208 p.

\_\_\_\_\_. **Geomorfologia: ambiente e planejamento**. 2. ed. São Paulo: Contexto, 1991. Coleção Repensando a Geografia. 85 p.