

# **Análise da fragilidade ambiental da bacia do Córrego João Dias, Aquidauana – MS**

*Analysis of environmental fragility basin stream João Dias, Aquidauana – MS*

**Edwaldo Henrique Bazana Barbosa<sup>1</sup>**  
**Vitor Matheus Bacani<sup>2</sup>**

**RESUMO:** O objetivo deste trabalho foi utilizar produtos de sensoriamento remoto e técnicas de geoprocessamento para orientar o ordenamento territorial através do estudo da fragilidade ambiental, determinando as áreas susceptíveis ao processo de ocupação e produção no espaço da bacia do córrego João Dias, MS. Para a elaboração da análise da fragilidade ambiental foram aplicados os métodos de combinação de mapas, sobreposição ponderada, em um Sistema de Informação Geográfica. Devido à extensa área destinada a Pastagem e com condicionantes físicos desfavoráveis a ocupação, a bacia do córrego João Dias apresenta 74 % de sua área classificada com alta fragilidade ambiental. Esta classe está presente em todos os patamares altimétricos da bacia. Assim sendo, deve-se adotar métodos de utilização racional dos recursos naturais a fim de garantir o pleno equilíbrio na relação homem-paisagem.

**PALAVRAS-CHAVE:** Fragilidade Ambiental. Geotecnologias. Bacia do Córrego João Dias.

**ABSTRACT:** *The aim of this study was to use products of remote sensing and GIS to guide land use/land cover through of the evaluation of environmental fragility, and determine areas susceptible to the process of occupation and production within the João Dias basin stream, MS. In developing the analysis of environmental vulnerability were applied methods of combining maps, weighted overlay in a Geographic Information System. Due the area for pasture and physical conditions unfavorable to occupation, the João Dias basin stream has 74% of its area classified as highly fragile environment. This class is present in all levels of altimetric basin. There are, one must adopt methods of rational use of natural resources in order to ensure the full balance in the relationship between man and landscape.*

**KEYWORDS:** *Environmental Fragility. Geotechnologies. João Dias basin stream.*

---

1 Bacharel em Geografia pela Universidade Federal de Mato Grosso do Sul.

2 Professor Adjunto do Departamento de Geociências da Universidade Federal de Mato Grosso do Sul.

## INTRODUÇÃO

A bacia hidrográfica é uma unidade de planejamento fundamental da superfície terrestre, considerada como principal unidade fisiográfica do terreno, porque suas características governam, no seu interior, todo o fluxo superficial da água. Constitui, portanto uma área ideal para o planejamento integrado do manejo dos recursos naturais no meio ambiente por ela definido. A noção de bacia obriga, naturalmente, a existência de divisores d'água, cabeceiras ou nascentes, cursos d'água principais, afluentes, subafluentes, bem como, uma hierarquização dos canais escoadouros e uma distribuição dos solos predominantes (TUCCI, 2004 apud DEAMO et al., 2008).

O território ou limite de uma bacia hidrográfica é definido pelas características físico-naturais, que determinam o funcionamento de todo o fluxo de matéria e energia ao longo de sua rede de drenagem.

A bacia hidrográfica é considerada como unidade territorial para o planejamento físico-territorial. Segundo Ross (1992), o planejamento deve levar em consideração as potencialidades dos recursos e as fragilidades dos ambientes naturais.

Segundo Beltrame (1994), a análise de bacias hidrográficas pode ser incrementada com a utilização de Sistemas de Informações Geográficas (SIGs), de modo a aprimorar os processos decisórios que exigem informações de cunho espacial. Desta forma, são representadas as entidades reais do espaço geográfico (estradas, hidrografia, cobertura vegetal e os demais tipos de uso e ocupação).

As geotecnologias envolvem a utilização de um conjunto de recursos computacionais e metodológicos para o cumprimento de suas funções, entre esses, os SIGs e o sensoriamento remoto (ALMEIDA; SOUZA; TULLI, 2009).

A área de estudo desta pesquisa é a bacia hidrográfica do córrego João Dias, localizada entre os paralelos de 20° 28' 33" S e 20° 18' 16" S, e os meridianos de 55° 38' 37" W e 55° 48' 59" W, na porção sul do município de Aquidauana, região centro-oeste do Estado de Mato Grosso do Sul (Figura 1).

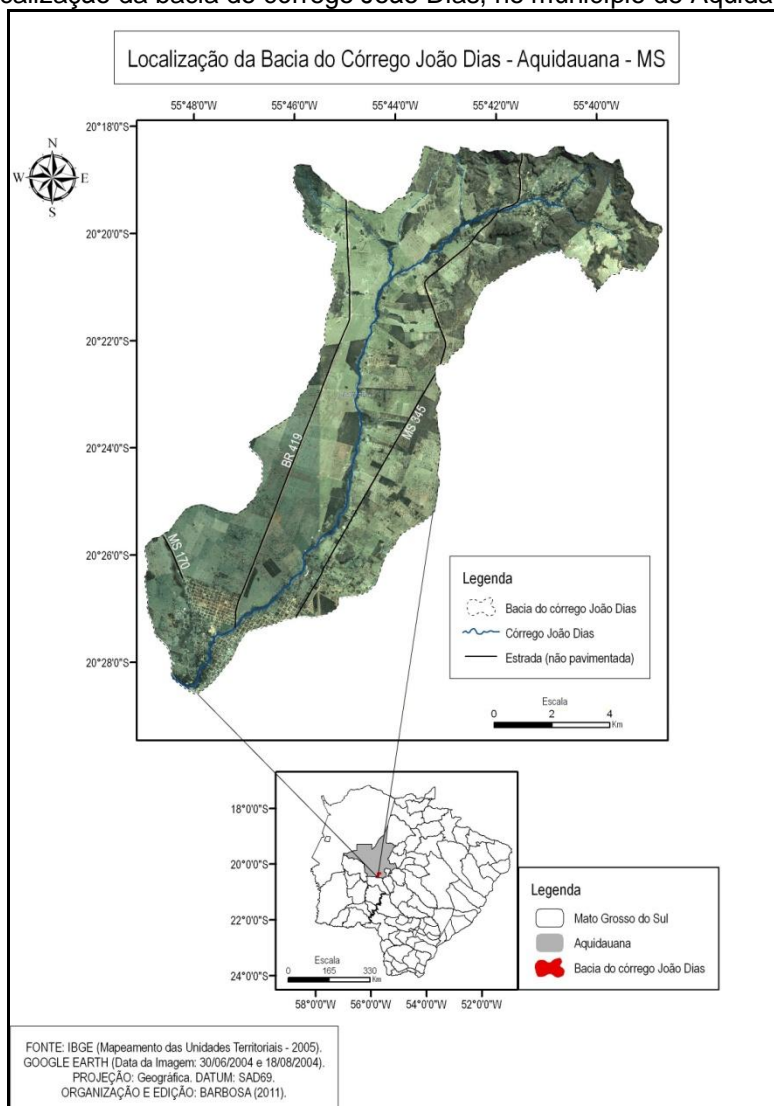
A área vem sofrendo intervenção antrópica, desde antes da Guerra do Paraguai. Com isso, à medida que o processo exploratório necessita de novas áreas de intervenção, a paisagem é fortemente alterada pela produção no espaço.

A área da bacia é de aproximadamente 119 km<sup>2</sup>. Sua nascente encontra-se em uma propriedade rural, próxima ao aldeamento denominado Limão Verde, da tribo Terena, no município de Aquidauana (BARBOSA; BACANI, 2011). Com 28 km de extensão, o córrego João Dias apresenta um sistema de drenagem que nasce no morro Ponteiro, a 553 metros de altitude.

O arcabouço geológico desta bacia encontra-se predominantemente estruturado sobre a Formação Aquidauana, a qual se destaca pela presença de arenito com granulometria variável de fina a grosseira, com cores vermelho-tijolo, esbranquiçada e cinza arroxeadas, também apresentando base geológica formada por rochas Pré-Cambrianas representadas pelo Grupo Cuiabá e seqüências rudimentares paleozóicas dos Grupos Paraná (Formação Furnas e Formação Aquidauana), compostos de arenitos porosos e friáveis (BRASIL, 1982).

Com relação ao clima, destacam-se duas estações bem definidas: chuvosa no verão e seca no inverno, muito embora os meses abrangidos por ambas possam sofrer pequenas variações que não chegam a alterar a média. Segundo a classificação de Köppen o clima é do tipo Aw, definido como clima tropical úmido (RUSSI, 1975 apud SILVA; ROMERO; MARISCO, 1996). A precipitação média anual dessa região está em torno de 1350 mm (SANT'ANNA NETO, 1993 apud SILVA; ROMERO; MARISCO, 1996).

Portanto, o objetivo é realizar uma análise da fragilidade ambiental da bacia do córrego João Dias, através de dados de sensoriamento remoto e técnicas de geoprocessamento. As sínteses das análises da fragilidade ambiental serão expressas através da cartografia temática e da elaboração do prognóstico ambiental.

**Fig. 1-** Localização da bacia do córrego João Dias, no município de Aquidauana – MS.

Fonte - IBGE. Org. BARBOSA 2011

## MATERIAIS E MÉTODOS

O procedimento metodológico utilizado para a formulação da fragilidade ambiental fundamentou-se na proposta de Ross (1994).

Foram utilizados os produtos cartográficos do Plano de Conservação da Bacia do Alto Paraguai (PCBAP), o projeto Radambrasil e a carta topográfica Folha Aquidauana, SF. 21-X-A-III (DIRETORIA DO SERVIÇO GEOGRÁFICO DO EXÉRCITO - DSG, 1999).

Os materiais iconográficos utilizados foram:

- Imagem de satélite LANDSAT-5, sensor TM (*Thematic Mapper*), órbita ponto 225/74, bandas 3, 4 e 5, de 14/04/2005;
- Imagem de satélite LANDSAT-5, sensor TM (*Thematic Mapper*), órbita ponto 225/74, bandas 3, 4 e 5, de 12/04/2010;
- Imagem de radar SRTM, contendo uma grade numérica interpolada por krigeagem para 30m por Valeriano (2008).

Inicialmente extraiu-se a rede de drenagem a partir da carta topográfica Folha Aquidauana, SF. 21-X-A-III, na escala 1:100.000. Logo em seguida, obteve-se uma imagem do RADAR interferométrico SRTM (*Shuttle Radar Topography Mission*), disponibilizada gratuitamente no site do INPE ([www.dpi.inpe.br/topodata](http://www.dpi.inpe.br/topodata)), em seguida, gerou-se curvas de nível, com equidistância de 30 metros, que auxiliaram na delimitação da área da bacia e na espacialização das feições do relevo.

O mapa clinográfico apoiou-se na proposta de DeBiase (1992), a imagem de radar foi utilizada como a carta base para a definição da área de análise que culminou com a determinação das classes de declividade. A definição das classes de declividades respeita um caráter particular, levando-se em conta a necessidade de cada pesquisador, neste caso, foram definidas cinco classes para melhor análise dos resultados, conforme proposta descrita em Ross (1994).

O mapa de solos foi elaborado a partir da exploração vetorial dos dados do PCBAP (BRASIL, 1997), em escala 1:250.000.

Para a geração do mapa de uso da terra e cobertura vegetal do ano de 2010, foi utilizada uma imagem do satélite LANDSAT 5/TM, datada de 12/04/2010, do INPE ([www.dgi.inpe.com.br/CDSR](http://www.dgi.inpe.com.br/CDSR)), em formato digital, sendo usadas as bandas 3B, 4R e 5G para a composição colorida. Para o registro da imagem utilizou-se pontos de controle baseando-se na imagem georreferenciada do satélite LANDSAT TM/5 do ano de 2005 com órbita ponto 225/74, datada em 14/04/2005, obtida gratuitamente no site da NASA (*National Aeronautics and Space Administration*), ([www.glcf.umd.edu](http://www.glcf.umd.edu)), em formato digital.

Em seguida, aplicou-se o constrate linear e submeteu-se a imagem a classificação supervisionada por regiões. O procedimento de classificação pautou-se na utilização do algoritmo Bhattacharya. Este classificador apresenta melhores resultados para a distinção das classes temáticas na região do Pantanal, como proposto por Silva et al. (2011). O classificador de Bhattacharya é um algoritmo de classificação supervisionada que requer a seleção de áreas de treinamento, podendo

utilizar as regiões separadas durante o processo de segmentação ou polígonos representativos das regiões a serem classificadas. Ele utiliza as amostras de treinamento para estimar a função densidade de probabilidade das classes apontadas no treinamento. Em seguida, avalia, em cada região, a distância de Bhattacharya entre as classes, conforme Equação 1 (MOREIRA, 2005). A etapa de segmentação pautou-se na utilização do método de crescimento de regiões. Por meio do método exploratório definiram-se os limiares de similaridade e área (*pixels*) os quais correspondem aos valores 10 e 10 respectivamente.

$$B(p_i, p_j) = \frac{1}{2}(m_1 - m_2)^T \sum (m_i - m_j) + \frac{1}{2} \ln \frac{|\sum (m_i - m_j)|}{|\sum i|^{1/2} |\sum j|^{1/2}} \quad (1)$$

Onde:

B = distância de Bhattacharya;

$P_i$  e  $p_j$  = pixels nas classes  $i$  e  $j$ ;

$m_i$  e  $m_j$  = médias das classes  $i$  e  $j$ ;

T = matriz transposta;

ln = logaritmo neperiano;

$i$  e  $j$  = classes dentro do contexto.

Com a definição do algoritmo de classificação e limiar de aceitação de 99,9%, procedeu-se a definição de cinco classes temáticas.

A validação da classificação pautou-se na confrontação 100 amostras de campo, sendo 20 para cada classe, com o mapa temático classificado, segundo os parâmetros estatísticos: índice de concordância *Kappa* (Equação 2) e acurácia global (Equação 3):

$$\hat{K} = \frac{N \sum_{i=1}^k x_{ii} - \sum_{i=1}^k (x_{i+} \cdot x_{+i})}{N^2 - \sum_{i=1}^k (x_{i+} \cdot x_{+i})} \quad (2)$$

$$Acurácia_{global} = \left( \frac{\sum_{i=1}^k x_{ii}}{N} \right) \quad (3)$$

Onde:

$\hat{K}$  : valor estimado *Kappa*;

$k$ : número de linhas;

$x_{ii}$ : número de observações na linha  $i$  e coluna  $i$ ;

$\sum_{i=1}^k x_{ii}$ : soma dos elementos da matriz em sua diagonal principal;

$x_{i+}$ : soma total das observações para as linhas;

$x_{+i}$ : soma total das observações para as colunas;

$N$ : número de observações total.

Após o emprego do algoritmo de classificação, o produto temático passou pelo processo de edição matricial.

A análise da fragilidade ambiental apoiou-se na proposta de Ross (1994), onde o conhecimento das potencialidades dos recursos naturais passa pelos levantamentos dos solos, relevo, clima, flora, enfim de todas as componentes do estrato geográfico. Para análise da fragilidade, exige-se que esses conhecimentos setorizados sejam avaliados de forma integrada, calcada no princípio de que a natureza apresenta funcionalidade intrínseca entre as suas componentes físicas e bióticas.

O potencial natural à erosão é um produto que antecipa a análise da fragilidade ambiental. Este produto cartográfico indica áreas onde os processos erosivos são naturais, devido ao tipo de solo e as características topográficas do ambiente.

Para a elaboração do mapa de fragilidade ambiental foram aplicados os métodos de combinação de mapas, sobreposição ponderada, em um Sistema de Informação Geográfica, conforme Bacani (2010).

Primeiramente, foi combinado o mapa de solos com o mapa clinográfico. Essa combinação resultou no mapa de potencial à erosão, que indica graus de ocorrência de processos erosivos que podem ocorrer naturalmente na paisagem, segundo as características dos solos e as classes de declividade do terreno.

Seguindo o proposto por Ross (1994), atribui-se pesos ao mapa clinográfico e ao mapa de solos, atribuindo valores as classes mapeadas, de acordo com a Tabela 1 e Quadro 1.

**Tabela 1** – Relação entre as unidades de relevo e os graus de fragilidade.

<b>Graus de Fragilidade</b>	<b>Clinografia</b>
Muito Fraca	até 6%
Fraca	de 6 a 12%
Média	de 12 a 20%
Forte	de 20 a 30%
Muito Forte	acima de 30%

Fonte - Ross (1994).

**Quadro 1** – Relação entre os graus de fragilidade e os solos.

<b>Graus de Fragilidade</b>	<b>Tipos de Solos</b>
Forte	Argissolos Vermelho-amarelo textura média a arenosa.
Muito Forte	Neossolos Litólicos e Gleissolos Melânico.

Fonte - Ross (1994).

Os mapas de análise resultantes foram respectivamente: potencial natural à erosão (que indica a fragilidade potencial) e o de fragilidade ambiental (que aponta a fragilidade emergente).

Para a elaboração do prognóstico ambiental foi utilizado às diretrizes apresentadas pelo PCBAP (BRASIL, 1997), que considera a ideal atividade de produção econômica para os diversos tipos de formação pedológica e as determinações conservacionistas apresentadas por Lepsch (2002).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

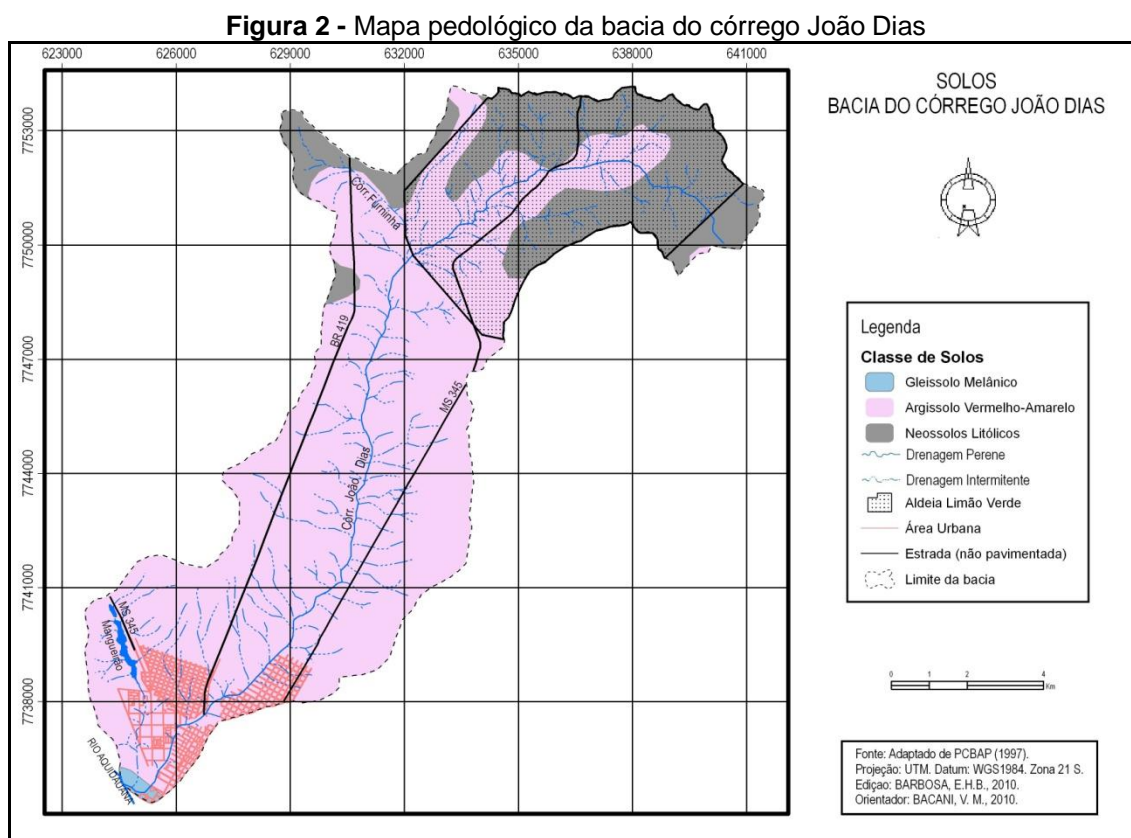
Os produtos cartográficos empregados na análise da fragilidade ambiental foram: mapa de solos, mapa clinográfico e o mapa de uso da terra e cobertura vegetal do ano de 2010. A seguir são descritas as produções cartográficas empregadas para a análise da fragilidade ambiental na área de estudo.

### Solos

O tipo de solo da região de Aquidauana está relacionado principalmente com a diversificação das feições geomórficas e litológicas (SILVA; ROMERO; MARISCO, 1996). De acordo com o Brasil (1997), os solos que predominam na bacia do córrego João Dias são os Neossolos Litólicos, Argissolos Vermelho-Amarelos e os Gleissolos Melânicos, segundo adaptação da nomenclatura de classificação proposta pela EMBRAPA (2006). Na bacia do córrego João Dias ocorre à predominância do Argissolo Vermelho-Amarelos, com a textura arenosa a média e média a argilosa, em alguns casos com presença de cascalhos.



A Figura 2 apresenta as classes pedológicas presentes na área da Bacia do Córrego João Dias.



Fonte - Org. BARBOSA 2011.

Após a espacialização das classes pedológicas, presentes na área de análise, são descritos os tipos de solos encontrados e suas vantagens para o suporte ao desenvolvimento econômico e produtivo da área da bacia hidrográfica, conforme as seguintes descrições:

a) Argissolo Vermelho-Amarelo: são solos minerais, não-hidromórficos, com horizonte B textural de cores vermelhas a amarelas e teores de  $Fe_2O_3$  normalmente inferiores a 11%. Apresentam sequência de horizontes A, Bt, C ou A, E, Bt, C, segundo Camargo et al. (1987 apud BRASIL, 1997). Desenvolvidos a partir de litologias bastante diversificadas, apresentam grande variação nas características físicas, químicas e morfológicas. A textura é em geral arenosa a média e média a argilosa, em alguns casos com presença de cascalhos. São solos álicos, distróficos ou eutróficos. Ocorrem em relevo desde plano a ondulado, embora predominem suave ondulado e ondulado, e a pecuária representa a maior atividade nesses

solos. Os álicos e distróficos requerem calagem e adubação para minimizar o efeito tóxico do alumínio e corrigir a baixa fertilidade natural, o que lhes confere condições favoráveis à implantação de qualquer empreendimento agropecuário. O relevo não constitui impedimento à mecanização, mas práticas conservacionistas devem ser efetuadas para minimizar os efeitos erosivos, devido à sua elevada susceptibilidade à erosão. Podem assim ser aproveitados com qualquer tipo de cultura climaticamente apta, porém, em face da grande variabilidade de características que apresentam, há necessidade de considerarem-se alguns casos individualmente, com vistas à sua utilização agrícola.

b) Gleissolo Melânico: esta classe compreende solos minerais, hidromórficos, que apresentam horizonte glei subjacente ao horizonte A do tipo moderado Camargo et al. (1987 apud BRASIL, 1997). São característicos de locais planos e abaciados, sujeitos a alagamentos constantes ou periódicos. As condições anaeróbicas, resultantes da má drenagem do perfil, dão ao solo características de intensa gleização, resultantes dos processos de redução que se intensificam nestas condições. O uso desses solos é muito dificultado pelas condições de má drenagem e regime periódico de inundação, sendo, mesmo no caso dos eutróficos, mais apropriados à exploração com pecuária.

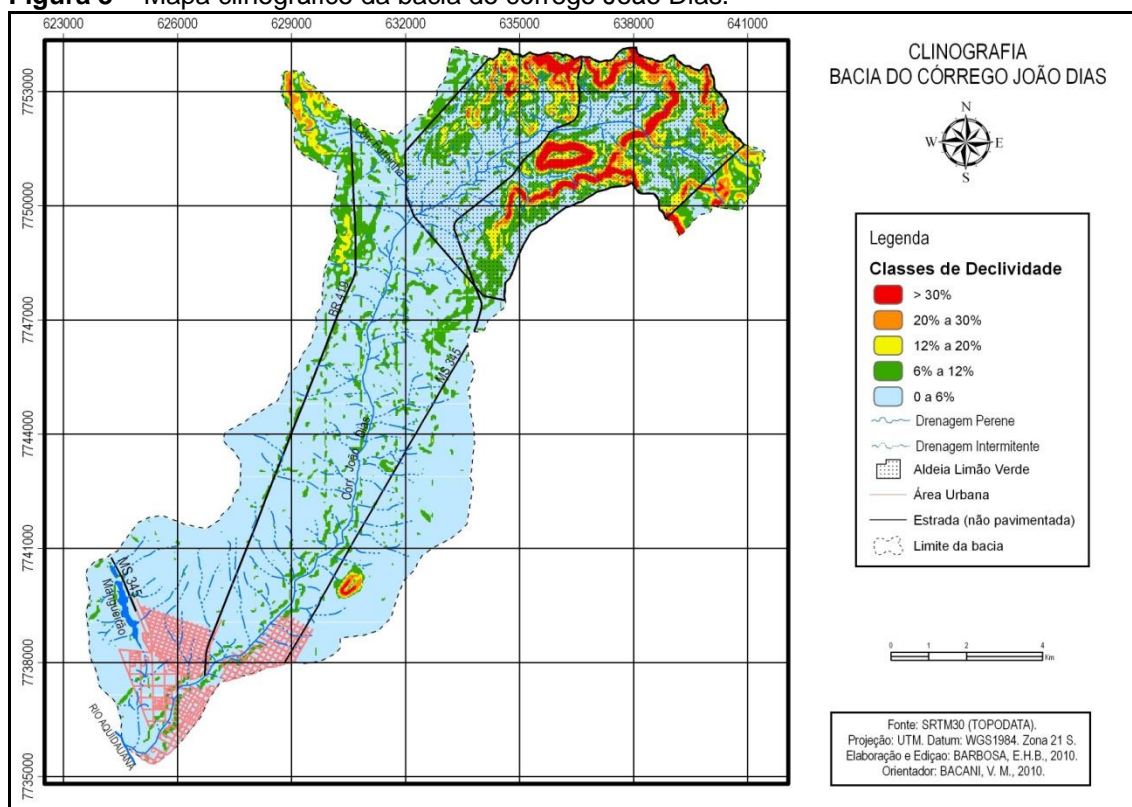
c) Neossolos Litólicos: são solos poucos desenvolvidos, rasos, constituídos por um horizonte A diretamente sobre a rocha ou sobre um horizonte C ou B incipiente pouco espesso. Quanto às possibilidades de uso, esta classe apresenta uma série de limitações naturais, como topografia desfavorável para mecanização, pequena profundidade e em muitos casos presença excessiva de cascalhos e/ou concreções, que funcionam como impedimento ao desenvolvimento de raízes, além das limitações de ordem química no caso dos álicos e distróficos. Tendo em vista a magnitude dos problemas que apresentam, a preservação da fauna e da flora constitui a recomendação para estes solos, embora em alguns casos possam ser aproveitados com restrições para pastagem e/ou silvicultura.

## Clinografia

A bacia do córrego João Dias encontra-se estruturada em uma superfície predominantemente plana, ocorrendo grandes variações altimétricas no alto curso, na área indígena. No médio-baixo curso, a margem esquerda do córrego João Dias apresenta um morro testemunho, com inclinações maiores que 30%. Este local recebe a denominação de Morrinho, onde são realizadas práticas religiosas e atividades de contemplação a natureza.

As áreas com inclinações superiores a 30%, ocupam uma área de aproximadamente 2 km<sup>2</sup>, com isso tende a aumentar o fluxo de escoamento superficial e o arrastamento de matéria provenientes das rochas e do solo. Conforme descrita na Figura 3.

**Figura 3 -** Mapa clinográfico da bacia do córrego João Dias.



Fonte - Org. BARBOSA 2011.

Essa elevada amplitude altimétrica mapeada na terra indígena (cultivo agrícola de subsistência) configura-se como uma unidade ambiental com maior susceptibilidade a problemas erosivos, pois apresentam solos arenosos em terrenos inclinados próximo aos morros de Bárbara, Ponteiro e Amparo. Com isso, sugere-se

que as áreas de maior vulnerabilidade a ocupação situam-se justamente na área de terra indígena, no alto curso do córrego.

De acordo com Mendonça (1999), em áreas com inclinações mais acentuadas ocorrem deslizamentos de terreno e como conseqüência a perda agrícola. O efeito erosivo nessa área é potencializado pela retirada da cobertura vegetal próxima ao leito do córrego, contribuindo com o processo de assoreamento do leito. A retirada da cobertura vegetal altera as relações processuais, com isso a chuva deixa de ser interceptada, proporcionando a desagregação mecânica do solo pelo efeito de “*splash*”, ao mesmo tempo em que responde pelo aumento do fluxo por terra com conseqüente dessolagem, ravinamento, voçorocamento ou mesmo deslizamento de massa.

### Uso da terra e cobertura vegetal

O mapeamento do uso da terra e cobertura vegetal apresentou sete classes temáticas, do qual originou a quantificação das áreas de cada classe temática e atribuição de pesos correspondentes ao grau de fragilidade, conforme Ross (1994).

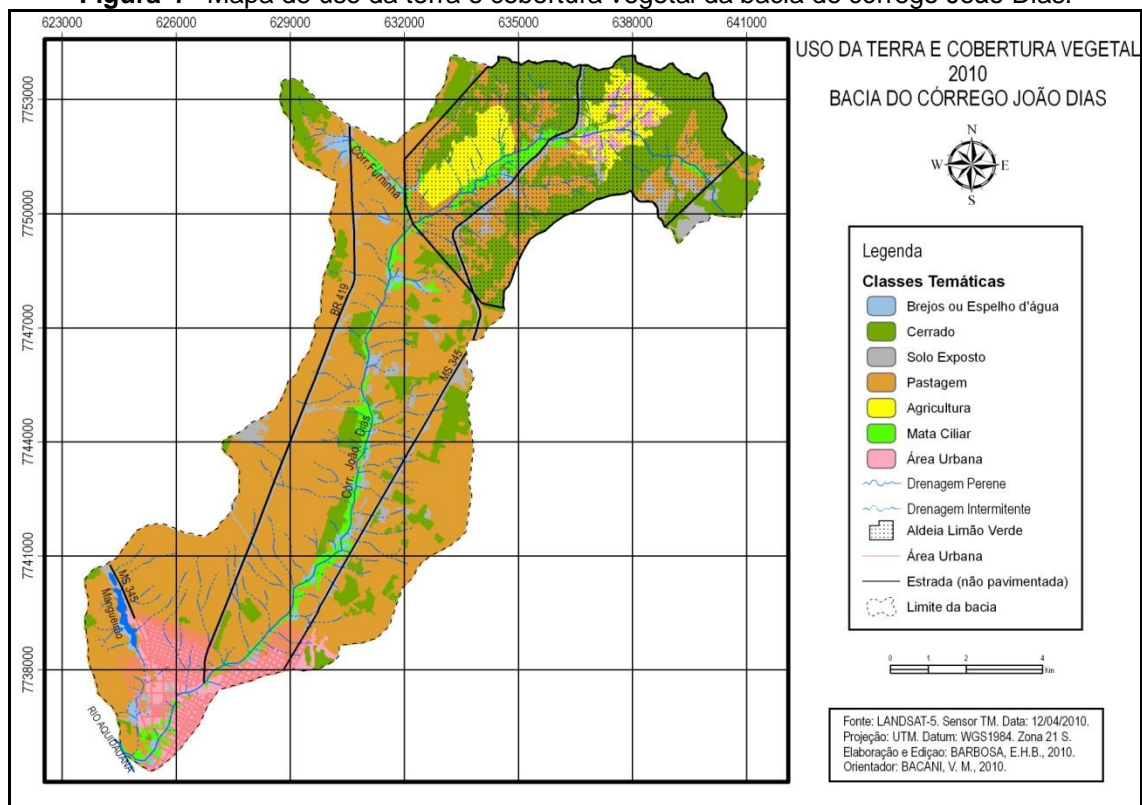
A tabela 2 indica que o mapeamento temático do uso da terra e cobertura vegetal realizado com o classificador Battacharya apresentou uma qualidade muito boa para o ano de 2010.

**Tabela 2** - Validação *Kappa* e Exatidão Global do ano de 2010 da bacia do córrego João Dias.

Classificador	Índice <i>Kappa</i>	Exatidão Global	Qualidade*
Battacharya	0,76	0,8	Muito Boa

\*Conforme Landis e Koch (1977).

A Figura 4 apresenta a espacialização dos diferentes tipos de uso e cobertura da terra no território da bacia do córrego João Dias.

**Figura 4 -** Mapa de uso da terra e cobertura vegetal da bacia do córrego João Dias.

Fonte - Org. BARBOSA 2011.

A Tabela 3 representa a área ocupada por cada classe temática para o mapeamento realizado no ano de 2010.

**Tabela 3 –** Quantificação do uso da terra e cobertura vegetal em 2010.

Classe Temática	Área (Km <sup>2</sup> )	Área (%)
	2010	
Cerrado	26,5	22,2
Pastagem	66,9	56,1
Agricultura	5,0	4,2
Área Urbana	6,8	5,7
Solo Exposto	7,5	6,3
Brejo ou Espelho d'água	2,0	1,7
Mata Ciliar	4,7	3,9

Fonte: Org. BARBOSA 2011.

O tipo de uso predominante na bacia do córrego João Dias é a pecuária com extensa área destinada à pastagem.

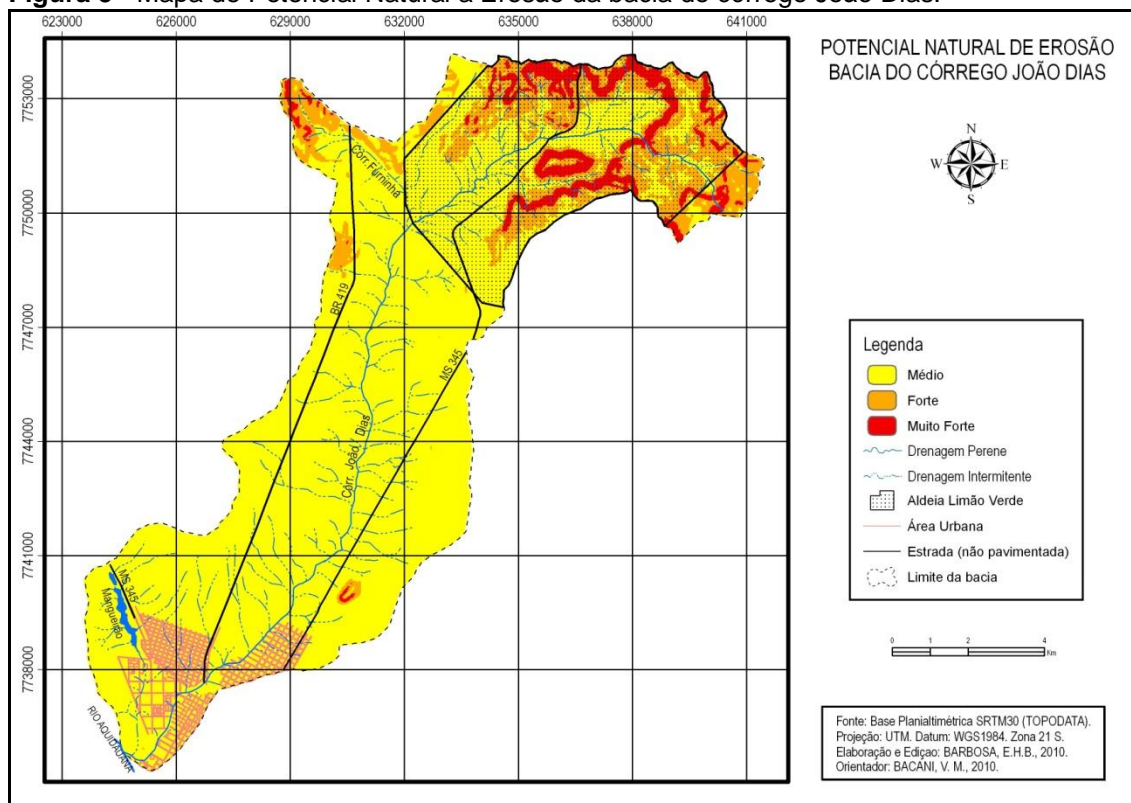
A bacia possui uma particularidade, a presença de dois ambientes urbanos. Nesta perspectiva parte da área urbana do município de Aquidauana está inserida na bacia assim como o aldeamento do Limão Verde, possui a infra-estrutura

necessária para ser considerado um ambiente urbanizado.

### Análise da fragilidade ambiental

O mapa de potencial natural à erosão ou fragilidade emergente é a síntese dos fenômenos naturais de erosão no interior da bacia do córrego João Dias, conforme apresentado na Figura 5.

**Figura 5 - Mapa de Potencial Natural a Erosão da bacia do córrego João Dias.**



Fonte: Org. BARBOSA 2011.

A distribuição por área das classes de Potencial Natural a erosão dos solos é descrita na Tabela 3.

A maior parte da área da bacia foi classificada como potencial médio aos processos erosivos, aproximadamente 97 km<sup>2</sup> de área classificada. O solo predominante nesta área é o Argissolo Vermelho-Amarelo com textura arenosa a média (BRASIL, 1997).



**Tabela 3** – Distribuição das áreas de Potencial Natural a Erosão.

<b>Classes</b>	<b>Área (km<sup>2</sup>)</b>	<b>Área (%)</b>
Médio	96,8	81,4
Forte	15,6	13,1
Muito Forte	6,2	5,2

**Fonte:** Org. BARBOSA 2011.

As áreas com altas declividades apresentam potencial muito forte e forte a erosão. O solo predominante é o Neossolo Litólico, essa área apresenta uma topografia desfavorável para mecanização agrícola e solos pouco desenvolvidos.

Com essas características as práticas conservacionistas devem ser efetuadas para minimizar os efeitos erosivos, devido à sua elevada susceptibilidade natural à erosão.

Em seguida, foram estabelecidas as combinações entre as categorias de uso da terra e cobertura vegetal, do ano de 2010, com o risco potencial a erosão.

A atribuição dos pesos respeita a hierarquia de graus de proteção aos solos pela cobertura vegetal, conforme apresentado no Quadro 2.

**Quadro 2** – Relação entre os graus de fragilidade e os graus de proteção da terra.

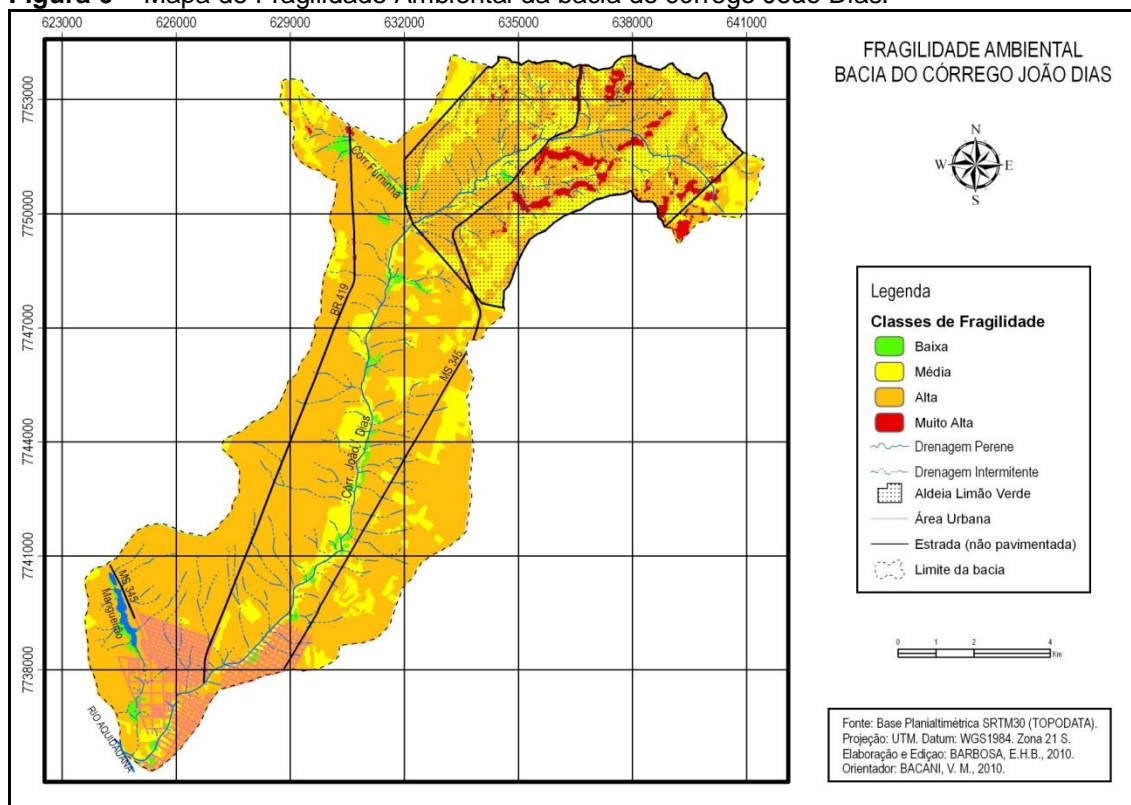
<b>Graus de Fragilidade</b>	<b>Tipos de Cobertura Vegetal</b>
Muito Alta	Área urbana; Solo Exposto
Alta	Pastagem; Agricultura
Média	Cerrado
Baixa	Mata Ciliar; Brejos ou Espelhos d'água
Muito baixa ou nula	*

\*Nenhuma classe temática se enquadra nesta categoria.

**Fonte** - Adaptado de Ross (1994).

A combinação dos mapas de potencial a erosão e do uso da terra e cobertura vegetal do ano de 2010 resultou no mapa de fragilidade ambiental ou fragilidade emergente, conforme apresentado na Figura 6.

O mapeamento da fragilidade ambiental indicou as áreas susceptíveis a desequilíbrios ocasionados pelo processo de uso e ocupação da terra. O mapeamento permite uma percepção no conjunto da paisagem analisada, indicando os graus de fragilidade relacionados com a proteção vegetal fornecida ao solo.

**Figura 6 -** Mapa de Fragilidade Ambiental da bacia do córrego João Dias.

Fonte: Org. BARBOSA 2011.

A Tabela 4 representa a distribuição das classes de fragilidade ambiental, expressa em quilômetros quadrados e percentagem.

A bacia do córrego João Dias apresenta 74 % de sua área classificada com alta fragilidade ambiental. Esta classe está presente em todos os patamares altimétricos da bacia.

**Tabela 4 –** Distribuição das classes de fragilidade ambiental.

Classes	Área (km <sup>2</sup> )	Área (%)
Baixa	2,0	1,7
Média	26,3	22,1
Alta	87,9	74,0
Muito alta	2,5	2,1

Fonte - Org. BARBOSA 2011.

O aldeamento do Limão Verde está inserido em áreas classificadas como média, alta e muito alta fragilidade ambiental. As áreas de maior vulnerabilidade a ocupação situam-se justamente na área de terra indígena e seu entorno, no alto curso do córrego João Dias. Caracteriza-se por possui relevo dissecado e solos rasos e com textura arenosa, esses fatores propiciam o processo erosivo. Essa área é considerada como sensível à exploração antrópica.



No médio curso da bacia, ocorre a variação de baixa a alta fragilidade ambiental, pois o terreno apresenta uma declividade média. Alguns fragmentos de mata ciliar propiciaram ao ambiente uma baixa fragilidade ambiental. Assim sendo, a conservação é necessária nesta região, devido à prática da pecuária e a expansão de áreas destinadas à pastagem. As propriedades rurais devem manter o processo de produção no espaço em consonância com as características ambientais da área analisada. Devem-se adotar procedimentos técnicos de manejo do solo, terraceamento e curvas de nível, a fim de conter os processos erosivos. Além disso, é fundamental a determinação em campo e o isolamento das faixas de APP, previstas na legislação ambiental.

O baixo curso da bacia do córrego João Dias apresentou as mesmas classes de fragilidade ambiental descritas no médio curso. A preocupação é a ocupação nos fundos de vale, onde ocorre o despejo de esgoto e propicia um ambiente insalubre à moradia.

Portanto, a área de estudo é considerada como uma bacia hidrográfica sensível aos processos de ocupação antrópica. As questões ambientais aliadas com os preceitos jurídicos devem prevalecer sobre a vontade política.

### **Prognóstico ambiental: uma proposta de zoneamento ambiental**

Após a determinação das áreas de fragilidade ambiental é necessária a implantação de condicionantes ambientais com fins conservacionistas para minimizar os impactos negativos causados pela ação antrópica. As atividades econômicas na bacia do córrego João Dias são a pecuária extensiva em pastagens nativas ou plantadas, em grandes propriedades e a agricultura rural no aldeamento do Limão Verde. Há algumas áreas de concentração de pequenos e médios produtores rurais, nas quais, predominam a pecuária e pequenas áreas destinadas a agricultura.

Os principais problemas detectados na bacia do córrego João Dias, que necessitam de ações corretivas em caráter de urgência são: a erosão e a poluição ou contaminação hídrica. A erosão está associada à falta de manejo adequado, nas áreas de atividades agropecuárias e em alguns trechos às margens das vias que dão acesso ao interior da bacia do córrego João Dias.

A bacia possui duas áreas urbanizadas logo, a poluição e contaminação hídrica são ocasionadas pela falta de saneamento básico e a ocupação desordenada às margens do córrego João Dias. Assim sendo, é apresentada uma proposta

preliminar de zoneamento ambiental para a bacia do córrego João Dias, descrita no Quadro 3.

**Quadro 3 – Prognóstico Ambiental.**

Zona	Categoria	Crítérios	Recomendações
Zona Rural	Média Restrição	Declividade entre 6 a 20 %. Argissolo Vermelho-Amarelos. Áreas de pastagem	Incentivo a agricultura familiar. Uso agropecuário com criação intensiva. Manter os fragmentos florestais.
	Alta Restrição	Declividade ente 20 a 30 %. Argissolo Vermelho-Amarelos. Áreas de pastagem.	Determinação de curvas de nível e terraceamento. Uso indicado: pecuária com altas limitações e reflorestamento.
Zona Urbanizada (Aldeia Limão Verde Área urbana de Aquidauana)	Média Restrição	Declividade entre 6 a 20 % Argissolo Vermelho-Amarelos.	Determinar a área de alagamento (planície de inundação), proibindo a ocupação nesta área e desenvolver projetos de educação ambiental com os moradores. As demais áreas são indicadas para expansão urbana com médias restrições
	Alta Restrição	Declividade entre 20 a 30 % Argissolo Vermelho-Amarelo.	Determinação de curvas de nível e terraceamento na área indígena. E alta restrição a expansão urbana.
	Muito Alta	Declividade maior que 30 % Argissolo Vermelho-Amarelo. Nessolos Litólicos.	Delimitar APPs e promover o isolamento da área em todas as vertentes com declividades acima de 20%. Revegetar a área desmatada com espécies nativas de Cerrado. Utilização: preservação e exploração ecoturísticas.

Fonte - Org. BARBOSA 2011.

## CONCLUSÃO

O levantamento dos aspectos físicos aliado com os dados de sensoriamento remoto e técnicas de geoprocessamento colaboraram na obtenção e tabulação de todos os elementos físicos analisados, e foram capazes de gerar resultados qualitativos e quantitativos expressos em mapas temáticos, tabelas e quadros. Com isso, o banco de dados foi capaz de gerar produtos com informações de cunho espacial, representando as entidades reais do espaço geográfico.

A principal atividade transformadora no espaço da bacia do córrego João Dias é a pecuária, com extensas áreas de pastagem e parte da área urbana do município de Aquidauana.

Evidenciou-se que a bacia do córrego João Dias necessita de cuidados e ações corretivas para a mitigação das ações de produção no espaço. A bacia é considerada sensível aos processos de ocupação antrópica devida à fragilidade do ambiente natural. Assim sendo, as questões ambientais aliadas com os preceitos jurídicos deve prevalecer sobre este processo de produção no espaço da bacia.

A metodologia utilizada para elaboração da fragilidade ambiental, pautada na combinação de elementos do meio físico tais como, solo, relevo, uso da terra e cobertura vegetal, potencial a erosão, por meio de técnicas de geoprocessamento, resultou em um modelo de extrema importância para o desenvolvimento sustentável e balizador do ordenamento territorial. Dessa maneira, apresentou-se um zoneamento ambiental preliminar para a bacia do córrego João Dias.

## REFERÊNCIAS

ALMEIDA, A. Q.; SOUZA, C. A. M.; TULLI, L. M. A. Uso de técnicas de sensoriamento remoto na análise multitemporal do desmatamento ocorrido na microbacia do córrego do Galo, Domingos Martins, ES. **Revista Científica Eletrônica de Engenharia Florestal**, Ano 8, n. 14, ago. 2009. Disponível em: <<http://www.fae.br>>. Acesso em: 19 out. 2009.

BACANI, V. M. **Geotecnologias aplicadas ao ordenamento físico-territorial da bacia do alto Rio Coxim, MS**. 2010. Tese (Doutorado) – Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo, São Paulo.

BARBOSA, E. H. B.; BACANI V. M. Avaliação paramétrica de terreno e o uso da terra e cobertura vegetal da Bacia do Córrego João Dias, Aquidauana - MS. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 15., 2011, Curitiba. **Anais**. São José dos Campos, SP: MCT/INPE, 2011. p. 1208-1215.

BELTRAME, A. V. **Diagnóstico do meio físico de bacias hidrográficas: modelo e aplicação**. Florianópolis: UFSC, 1994.

BRASIL. Ministério das Minas e Energia. Secretaria Geral. **Projeto RADAMBRASIL**. Folha SF. 21 - Campo Grande; geologia, geomorfologia, pedologia, vegetação e uso potencial da terra. Rio de Janeiro, 1982.

\_\_\_\_\_. **Plano de conservação da bacia do alto Paraguai**: análise integrada e prognóstico da Bacia do Alto Paraguai. Brasília: PNMA, 1997.

DEAMO, J. C. M.; VALLE JUNIOR, R. F.; OLIVEIRA, S. B.; CAMILO, M. J. **Diagnóstico físico-conservacionista da microbacia do Córrego Boa Vista, Uberlândia-MG**. Uberaba, 2008. Disponível em: <[http://www.cefetuberaba.edu.br/paginas\\_html/revista/pdf/Resumo\\_12.pdf](http://www.cefetuberaba.edu.br/paginas_html/revista/pdf/Resumo_12.pdf)>. Acesso em: 19 out. 2009.

DeBIASE, M. A carta clinográfica: os métodos de representação e elaboração. **Revista do Departamento de Geografia**, São Paulo, FFLCH/USP, n. 6, p. 45-61, 1992.

DIRETORIA DO SERVIÇO GEOGRÁFICO DO EXÉRCITO - DSG. **Aquidauana**. Folha SF 21-X-A-III. Escala 1:100.000. 2. ed. 1999.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 2. ed. Rio de Janeiro, 2006.

LANDIS, J. R.; KOCH, G. G. The measurement of observer agreement for categorical data. **Biometrics**, v. 33, n. 1, p. 159-174, 1977.

LEPSCH, I. F. **Formação e conservação dos solos**. São Paulo: Oficina de Textos, 2002.

MENDONÇA, F. Diagnóstico e análise ambiental de microbacia hidrográfica: proposição metodológica na perspectiva do zoneamento, planejamento e gestão ambiental. **RA'EGA: O espaço geográfico em análise**, Curitiba, v. 3, n. 3, p. 67-89, 1999.

MOREIRA, M. A. **Fundamentos do sensoriamento remoto e metodologias de aplicação**. 2. ed. Viçosa: UFV, 2005.

ROSS, J. L. S. O registro cartográfico dos fatos geomórficos e a questão da taxonomia do relevo. **Revista do Departamento de Geografia**, São Paulo, v.6, p. 17-29, 1992.

\_\_\_\_\_. Análise empírica da fragilidade dos ambientes naturais e antropizados. **Revista do Departamento de Geografia**, n. 8, p. 63-74, 1994.

SILVA, J. S. V.; ROMERO, H. R.; MARISCO, N. **Uso da terra no município de Aquidauana em 1990 - Pantanal**. Corumbá, MS: EMBRAPA-CPAP, 1996. (Documentos, 1).

SILVA, L. F.; BARBOSA, E. H. B.; NOGUEIRA, B. M.; BACANI, V. M. **Análise do desempenho de classificadores semi-automáticos na detecção de mudanças do uso da terra e cobertura vegetal nos municípios de Aquidauana e Anastácio-MS**. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 15., 2011, Curitiba. **Anais**. São José dos Campos, SP: MCT/INPE, 2011. p. 6666-6673.

VALERIANO, M. M. **TOPODATA**: guia de utilização de dados geomorfométricos locais. São José dos Campos: INPE, 2008.