

UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO DO SUL
CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS E TECNOLOGIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM TECNOLOGIAS AMBIENTAIS

ERIKA SILVA MOREIRA

**APLICAÇÃO DE GEOTECNOLOGIAS COMO SUBSÍDIO AO
ZONEAMENTO FÍSICO DO MEIO: ESTUDO DE CASO EM
SEIS MUNICÍPIOS DE MATO GROSSO DO SUL**

CAMPO GRANDE
2011

UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO DO SUL
CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS E TECNOLOGIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM TECNOLOGIAS AMBIENTAIS

ERIKA SILVA MOREIRA

**APLICAÇÃO DE GEOTECNOLOGIAS COMO SUBSÍDIO AO
ZONEAMENTO FÍSICO DO MEIO: ESTUDO DE CASO EM
SEIS MUNICÍPIOS DE MATO GROSSO DO SUL**

Dissertação apresentada para obtenção do grau de Mestre no Programa de Pós-Graduação em Tecnologias Ambientais da Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, na área de concentração em Saneamento Ambiental e Recursos Hídricos.

ORIENTADOR: Prof. Dr. Antonio Conceição Paranhos Filho

Aprovada em:

Banca Examinadora:

Prof. Dr. Antonio Conceição Paranhos Filho
Departamento de Hidráulica e Transporte
Centro de Ciências Exatas e Tecnologia
UFMS/Campo Grande - MS

Prof. Dr. Luiz Eduardo Mantovani
Departamento de Geologia
Setor de Ciências da Terra
UFPR/Curitiba- PR

Prof.^a Dr.^a Sandra Garcia Gabas
Departamento de Hidráulica e Transporte
Centro de Ciências Exatas e Tecnologia
UFMS/Campo Grande - MS

CAMPO GRANDE
2011

DEDICATÓRIA

*Dedico aos meus pais Mario e Ivone,
Aos meus irmãos Ilka, Mario e Wellington e
À Gabriela, sobrinha mais linda que há.*

AGRADECIMENTOS

Agradeço a todos que diretamente ou indiretamente participaram da idealização e realização desta dissertação, em especial:

À minha família pelo apoio e força, combustíveis para esta e muitas outras jornadas vindouras;

Ao Prof. Toni pela orientação, confiança e compreensão durante todos esses anos;

Aos amigos, em especial à Liliane Corrêa e Hugo Teruya, pela inestimável ajuda, paciência e amizade;

À Lívia pelo apoio, carinho e incentivo na reta final;

À Fernanda Bueno, baluarte constante;

Aos colegas do Laboratório de Geoprocessamento para Aplicações Ambientais;

Ao Programa de Pós-Graduação em Tecnologias Ambientais (PGTA) pela oportunidade, apoio e estrutura oferecidos para a concretização desta dissertação;

À Prefeitura de São Gabriel do Oeste e à Cooperativa Agrícola, especialmente ao Alex pela estrutura e apoio fornecidos durante o campo realizado naquela cidade;

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela bolsa concedida;

A Deus, às forças do universo, entidades boas e energias positivas por me acompanharem durante essa trajetória.

SUMÁRIO

DEDICATÓRIA.....	iii
AGRADECIMENTOS	iv
SUMÁRIO.....	v
LISTA DE FIGURAS	viii
LISTA DE TABELAS	x
LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS	xii
LISTA DE SÍMBOLOS	xiv
RESUMO	xv
ABSTRACT	xvii
1 INTRODUÇÃO GERAL	19
2 OBJETIVOS.....	21
3 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO	22
3.1 Localização e Acesso.....	22
3.2 Geomorfologia, Geologia e Solos.....	23
3.3 Vegetação, Clima e Recursos Hídricos.....	28
3.4 Socioeconomia.....	30
4 ANÁLISE COMPARATIVA DE MODELOS DE VULNERABILIDADE NATURAL....	34
Introdução	36
Métodos, Técnicas e Materiais	38
Área de Interesse	38
Modelo de Crepani <i>et al.</i> (1996)	40
Modelo Ponderado	42
Modelo Qualitativo de Estabilidade dos Solos (MQES).....	44
Aquisição e Processamento dos Dados	44
Valoração das Classes de Cada Tema.....	45

Resultados e Discussão	58
Conclusões	66
Agradecimentos	67
Referências Bibliográficas	67
5 MONITORAMENTO DO DESMATAMENTO EM UNIDADES DE CONSERVAÇÃO E EM SUAS ÁREAS CIRCUNDANTES – ESTUDO DE CASO EM QUATRO UNIDADES DE MATO GROSSO DO SUL (MS).	71
Introdução	73
Materiais e Métodos.....	74
Área de Estudo	74
Aquisição e Registro das Imagens	75
Correção Atmosférica	77
<i>Normalized Difference Vegetation Index (NDVI)</i>	78
Detecção de Mudança	79
Resultados e Discussão	81
Conclusões	85
Agradecimentos	86
Referências Bibliográficas	86
6 DINÂMICA DA COBERTURA DO SOLO EM SEIS MUNICÍPIOS DA BACIA DO ALTO PARAGUAI ENTRE 1996-2009.	90
1. Introdução	91
2. Metodologia de Trabalho.....	92
2.1. Área de Estudo	92
2.2. Pré-processamento dos dados.....	92
2.3. Cobertura do solo para o ano de 2009.....	93
3. Resultados e Discussão	94
4. Conclusões	96
Agradecimentos	96

Referências Bibliográficas	96
6 CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES	98
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	99
ANEXOS	102
NORMAS PARA PUBLICAÇÃO DE TRABALHOS (GEOCIÊNCIAS)	103

LISTA DE FIGURAS

3 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

FIGURA 3.1 - Localização e acesso à região de interesse.....	22
FIGURA 3.2 - Unidades fisiográficas presentes na área de estudo segundo Franco & Pinheiro (1982).	23
FIGURA 3.3 - Planalto Maracaju-Campo Grande e seus compartimentos. Perspectiva com exagero vertical de 5x, sem escala. Imagem Landsat 5, sensor TM, R4G5B3.	24
FIGURA 3.4 - Planalto Taquari-Itiquira e seus compartimentos. Perspectiva com exagero vertical de 5x, sem escala. Imagem Landsat 5, sensor TM, R4G5B3.	25
FIGURA 3.5 - Os treze Pantanais Mato-Grossenses segundo Franco & Pinheiro (1982).....	27
FIGURA 3.6 - Os dez Pantanais Mato-Grossenses segundo Adámoli (1982).....	27
FIGURA 3.7 - Formação do tipo Mata Seca na área de estudo.	28
FIGURA 3.8 - Buritizais, vegetação de tipo ribeirinha.	29
FIGURA 3.9 - Situação do plantio da cana-de-açúcar em Mato Grosso do Sul, de acordo com as zonas delimitadas pelo ZEE/MS (PROJETO, 2009).	32

4 ANÁLISE COMPARATIVA DE MODELOS DE VULNERABILIDADE NATURAL

FIGURA 1 - Região de interesse localizada no Centro-norte de Mato Grosso do Sul. A área abrangida pelos seis municípios estudados soma 27.980 km ²	39
FIGURA 2 - Perfis topográficos da área de estudo.	39
FIGURA 3 - Exemplo de determinação da VN através da álgebra de mapas.....	41
FIGURA 4 - Escala de importância entre os fatores analisados.....	42
FIGURA 5 - Mapa geológico da área de estudo (PCBAP, 1997).	47
FIGURA 6 - Mapa de associação dos solos da área de estudo (PCBAP, 1997).	49
FIGURA 7 - Mapa de vegetação da área de estudo (PCBAP, 1997).....	51
FIGURA 8 - Mapa geomorfológico da área de estudo (PCBAP, 1997).	53
FIGURA 9 - Tema clima segundo as cartas em escala 1:250.000 de delimitação pelo Mapa Índice Reduzido.....	54

FIGURA 10 - Declividade na área de estudo criada a partir do Modelo Digital de Elevação (MDE) do SRTM.....	56
FIGURA 11 - Carta de aptidão dos solos da área de estudo (PCBAP, 1997).....	58
FIGURA 12 - Vulnerabilidade resultante da aplicação dos três modelos.....	60
FIGURA 13 - Concordância dos três modelos utilizados quanto aos graus de vulnerabilidades presentes na área de estudo.....	61
FIGURA 14 - Área destinada à agropecuária no distrito de Areado (São Gabriel do Oeste), onde houve concordância entre os três modelos empregados.	63
FIGURA 15 - Assoreamento de riacho decorrente do mal uso de áreas naturalmente vulneráveis. Região próxima ao distrito de Areado..	63
FIGURA 16 - Voçoroca desenvolvida sobre solos maduros em área plana.	64
 5 MONITORAMENTO DO DESMATAMENTO EM UNIDADES DE CONSERVAÇÃO E EM SUAS ÁREAS CIRCUNDANTES – ESTUDO DE CASO EM QUATRO UNIDADES DE MATO GROSSO DO SUL (MS)	
FIGURA 1 - Unidades de conservação do Estado de Mato Grosso do Sul.....	74
FIGURA 2 - Cobertura do solo para as unidades de conservação Parque Estadual Serra de Sonora e APA Municipal Córrego do Sítio para os anos de 1999, 2001 e 2008. Mudanças da cobertura do solo nas unidades ocorridas entre os períodos analisados.....	82
FIGURA 3 - Cobertura do solo para as unidades de conservação APA Municipal de Sete Quedas e APA Estadual Rotas Monçoeiras – Rio Coxim para os anos de 1999 e 2008. Mudanças da cobertura do solo nas unidades ocorridas entre os períodos analisados.....	83
 6 DINÂMICA DA COBERTURA DO SOLO EM SEIS MUNICÍPIOS DA BACIA DO ALTO PARAGUAI ENTRE 1996-2009	
FIGURA 1 - Localização da área de estudo.....	92
FIGURA 2 - Mapas de cobertura do solo para os anos de 1996 (a) e 2009 (b). Expansão de áreas cobertas por pastagem e culturas entre 1996-2009 (c).....	95

LISTA DE TABELAS

3 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

TABELA 3.1 - Arrecadação dos municípios do ICMS no ano de 2008.	31
TABELA 3.2 - Dados demográficos dos municípios pertencentes à área de estudo.	33
TABELA 3.3 - Índice de desenvolvimento humano para os municípios da área de estudo. ...	33

4 ANÁLISE COMPARATIVA DE MODELOS DE VULNERABILIDADE NATURAL

TABELA 1 - Valores atribuídos às categorias morfodinâmicas de acordo com a relação morfogênese/pedogênese.	41
TABELA 2 - Escala de comparação.	42
TABELA 3 - Exemplo de matriz de comparação com os graus de importância entre os fatores, taxa de consistência e o peso resultante.	43
TABELA 4 - Teste de pesos para os fatores de determinação da vulnerabilidade natural.	43
TABELA 5 - Vulnerabilidade das rochas ao intemperismo de acordo com seus principais litotipos, segundo Crepani <i>et al.</i> (2001).	46
TABELA 6 - Vulnerabilidade natural dos solos, segundo Crepani <i>et al.</i> (2001).	48
TABELA 7 - Vulnerabilidade de cada classe de vegetação, segundo Crepani <i>et al.</i> (2001). ..	50
TABELA 8 - Vulnerabilidade de cada classe do tema geomorfologia. Códigos de acordo com PCBAP (1997) e RADAMBRASIL (Brasil, 1982), segundo Crepani <i>et al.</i> (2001).	52
TABELA 9 - Vulnerabilidade de cada classe de declividade, segundo Crepani <i>et al.</i> (2001). ..	55
TABELA 10 - Vulnerabilidade de cada classe do fator aptidão dos solos à erosão.	57
TABELA 11- Porcentagem das áreas classificadas para cada grau de vulnerabilidade para os diferentes modelos.	59

5 MONITORAMENTO DO DESMATAMENTO EM UNIDADES DE CONSERVAÇÃO E EM SUAS ÁREAS CIRCUNDANTES – ESTUDO DE CASO EM QUATRO UNIDADES DE MATO GROSSO DO SUL (MS)

TABELA 1 - Imagens Landsat utilizadas.	76
TABELA 2 - Data de criação das Unidades de Conservação e instrumentos legais de sua instituição.	76

TABELA 3 - Classes de cobertura utilizadas para a classificação.....	80
TABELA 4 - Conversão da vegetação densa nas APA analisadas.	84
6 DINÂMICA DA COBERTURA DO SOLO EM SEIS MUNICÍPIOS DA BACIA DO ALTO PARAGUAI ENTRE 1996-2009	
TABELA 1 - Classes de cobertura do solo adotadas para os dados de 1996 e 2009. Escala de captura 1:200.000.	93
TABELA 2 - Porcentagem total das classes de cobertura do solo nos anos de 1996 e 2009 e participação em cada classe da Planície e dos Planaltos.	94
TABELA 3 - Evolução da cobertura do solo na Planície e Planaltos entre os anos de 1996 e 2009 em porcentagem.....	95

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

APA	Área de Proteção Ambiental
BAP	Bacia do Alto Paraguai
CANASAT	Mapeamento da Cana via Imagens de Satélites de Observação da Terra
CAPES	Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior
CONAMA	Conselho Nacional do Meio Ambiente
COST	<i>Cosine of the Solar Zenith Angle Correction</i>
DOS	<i>Dark-Object Extraction</i>
EUPS	Equação Universal da Perda do Solo
FRB	Fator de Refletância Bidirecional
GLCF	<i>Global Land Cover Facility</i>
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
ICMS	Imposto sobre Operações Relativas à Circulação de Mercadorias e Prestação de Serviços de Transporte Interestadual e Intermunicipal e de Comunicação
IDH-E	Índice de Desenvolvimento Humano - Educação
IDH-L	Índice de Desenvolvimento Humano - Longevidade
IDH-M	Índice de Desenvolvimento Humano - Municipal
IDH-R	Renda Média Municipal per Capita
IMASUL	Instituto de Meio Ambiente do Mato Grosso do Sul
INPE	Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais
MDE	Modelo Digital de Elevação
MIR	Mapa Índice Reduzido
MMA	Ministério do Meio Ambiente
MQES	Modelo Qualitativo de Estabilidade do Solo
MS	Mato Grosso do Sul
NASA	<i>National Aeronautics and Space Administration</i>
ND	Número Digital
NDVI	<i>Normalized Difference Vegetation Index</i>
PAH	Processo Analítico Hierárquico
PCBAP	Plano de Conservação da Bacia do Alto Paraguai
PGT-MS	Programa de Gestão Territorial do Estado de Mato Grosso do Sul

SIG	Sistema de Informação Geográfica
SISLA	Sistema Interativo de Suporte ao Licenciamento Ambiental
SRTM	<i>Shuttle Radar Topography Mission</i>
TC	Taxa de Consistência
TM	<i>Thematic Mapper</i>
UC	Unidade de Conservação
UNESCO	United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization
UTM	Universal Transverso de Mercator
VN	Vulnerabilidade Natural
ZAE Cana	Zoneamento Agroecológico da Cana-de-açúcar
ZEE	Zoneamento Ecológico Econômico
WGS	<i>World Geodetic System</i>

LISTA DE SÍMBOLOS

AS	Aptidão dos solos
$B_{rescale}$	Deslocamento de calibração absoluto, $W/(m^2 \cdot sr \cdot \mu m)$
C	Uso e manejo do solo
CL	Clima
d	Distância Terra-Sol, unidades astronômicas (UA)
$E_{sun\lambda}$	Irradiância média exoatmosférica para a banda λ , $W/m^2 \cdot sr \cdot \mu m$
FRB _{IVP}	Fator de Refletância Bidirecional para a banda do infravermelho próximo
FRB _V	Fator de Refletância Bidirecional para a banda do visível (vermelha)
G	Geologia
GM	Geomorfologia
$G_{rescale}$	Ganho de calibração absoluto, $[W/(m^2 \cdot sr \cdot \mu m)]/ND$
$L_{haze\lambda}$	Radiância de bruma corrigida para a banda λ , $W/m^2 \cdot sr \cdot \mu m$
LS	Fator topográfico rampa e declividade
L_{λ}	Radiância espectral na abertura do sensor, $W/m^2 \cdot sr \cdot \mu m$
K	Erodibilidade dos solos
P	Práticas conservacionistas
PE	Pedologia
$Q_{calmin\lambda}$	Mínimo ND representativo de bruma, ND
$Q_{cal\lambda}$	Valor quantizado do pixel para a banda λ , ND
R	Erosividade das chuvas
Ref_{λ}	Refletância de superfície para a banda λ
S	Declividade
V	Vegetação
θ	Ângulo solar zenital, ° ou rad

RESUMO

MOREIRA, E. S. (2011). Aplicação de geotecnologias como subsídio ao zoneamento físico do meio: estudo de caso em seis municípios de Mato Grosso do Sul. Campo Grande, 2011. (108 pg) Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, Brasil.

A área de estudo desta dissertação cobre 27.980 km² contendo dois importantes sistemas ambientais em constante sinergia, Pantanal e Cerrado. De reconhecida relevância internacional, sofrem com a rápida modificação da cobertura do solo, resultante da expansão das atividades agropecuárias e políticas governamentais. A partir da comparação pós-classificação de imagens Landsat TM foi possível observar a dinâmica da cobertura do solo na região de interesse entre os anos de 1996 e 2009. Os resultados mostram que, no período analisado, houve decréscimo de 8,9% da vegetação nativa de porte arbóreo e arbustivo acompanhado do aumento de 14% nas áreas de pastagem e culturas. A distância de centros consumidores e os seus peculiares processos de inundação não pouparam o Pantanal da perda de sua vegetação densa. O aumento da cobertura antrópica neste sistema atingiu 18% no curto intervalo de tempo analisado. Nem mesmo as áreas legalmente protegidas foram poupadas das influências antrópicas na distribuição e dinâmica da vegetação nativa. Quatro unidades de conservação localizadas na área de estudo foram analisadas quanto à supressão de suas coberturas nativas. Para tanto, aplicou-se a combinação de dois métodos, sendo estes o aprimoramento de imagem e comparação pós-classificação. Esta combinação foi escolhida, pois possibilita o monitoramento das mudanças ocorridas nas unidades de forma rápida e direta. É preocupante a situação das áreas protegidas, visto que as limitações impostas legalmente não impediram o desbastamento da vegetação nem mesmo dentro dos limites daquelas unidades ditas de proteção integral. Os impactos ambientais da conversão de grandes áreas de vegetação nativa, decorrentes da ocupação antrópica, são agravados quando associados à vulnerabilidade intrínseca do meio. As pressões exercidas pelo homem nos constituintes do sistema (solo, clima, vegetação, e.g.) ao exacerbar o limiar de absorção deste levam a mudanças no equilíbrio de seus processos. Estas mudanças envolvem transporte de material, evolução morfológica e rearranjo estrutural. Neste sentido, os estudos relacionados ao mapeamento da distribuição espacial da vulnerabilidade podem definir e nortear de forma racional a ocupação antrópica de um território, servindo de base para o zoneamento físico do meio. A determinação da vulnerabilidade de um sistema, assim como seu mapeamento, é

conduzida através três modelos diferentes, comparando-se os resultados. A ponderação da importância dos constituintes do sistema, através do Processo Analítico Hierárquico (PAH), na determinação de sua vulnerabilidade aproximaram os modelos da realidade encontrada. Já em 1996, aproximadamente 91% da área estudada eram classificadas com grau de vulnerabilidade média e alta. As geotecnologias ofereceram excelentes resultados no mapeamento e monitoramento ambiental e territorial da área de interesse. Sua utilização mostrou-se pré-requisito para o planejamento e gestão da ocupação antrópica do território, por orientar as tomadas de decisões de maneira rápida e dinâmica, com relativo baixo custo.

Palavras-Chave: planejamento territorial, diagnóstico ambiental, dinâmica da cobertura.

ABSTRACT

MOREIRA, E. S. (2011). Application of geotechnologies as an aid to the physical zoning of the environment: Case study in six municipalities of Mato Grosso do Sul state. Campo Grande, 2011. (108 pg) Dissertation (Masters degree). Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, Brazil.

The studied area of this dissertation covers 27.980 km², having two important environmental systems in constant synergy, Pantanal and Cerrado. Of renowned international relevance, they suffer with the rapid land cover modification as a result of the expansion of farming activities and governmental policies. From the comparison of post-classification images Landsat TM, it was possible to observe the dynamics of the land cover of the studied regions between 1996 and 2009. The results show that, through that period, there was a 8,9% decrease of the native vegetation of arboreous and shrub types, following a 14% increase of pasture and cropping. The distance from consumer centers and its peculiar processes of flooding didn't keep Pantanal from losing its dense vegetation. The increase of anthropic land cover in this system reached 18% in the short interval of the period analyzed. Not even the legally protected areas were saved from the anthropic influences in the distribution and dynamics of the native vegetation. Four conservation units located in the studied area were analyzed as to the suppression of its native land cover. In doing so, the combination of two methods was applied which consisted of enhancement of image and post-classification comparison. This combination was chosen as it enables the monitoring of the occurring changes in the units in a rapid and direct way. It is alarming the situation of the protected areas, given the fact that the limitation legally imposed didn't stop deforestation not even in those so-called units of full protection. The environmental impacts of the conversion of vast areas of native vegetation due to anthropic occupation, are worsened when associated with the intrinsic vulnerability of the environment. The pressures caused by man on the constituent systems (soil, climate, vegetation, e.g.) when going further beyond the threshold of absorption, bring about changes in the balance of its processes. These changes involve transport of materials, morphological evolution and structural rearrangement. In this sense, the studies related to the mapping of spacial vulnerability can define and guide in a rational way the anthropic occupation of a territory, serving as a base for the physical zoning of the environment. The determination of the vulnerability of a system as well as its mapping, is conducted through three different models where the results are compared. The ponderation of the importance of the constituent

systems, through the Analytic Hierarchy Process (AHP) in the determination of its vulnerability, brought the models near to the reality found. In 1996, approximately 91% of the studied area was classified with a medium to a high degree of vulnerability. Geotechnologies offered excellent results in mapping the vulnerability and territorial monitoring of the studied area. Its use turned out to be a prerequisite for the planning and management of the anthropic occupation of the territory for giving direction to decision-making in a rapid and dynamic way, with a relative low cost.

Key-words: territorial planning, environmental diagnosis, land cover dynamics.

1 INTRODUÇÃO GERAL

O planejamento ambiental possui como objetivo dominante vincular o desenvolvimento social e econômico à proteção e melhoria do ambiente. Para se alcançar este objetivo, ou seja, o desenvolvimento sustentável, assim como atender às exigências legais, é imprescindível o estudo e diagnóstico aprofundados sobre o meio e seus recursos.

Esta dissertação busca diagnosticar os recursos naturais de uma área de extrema importância ambiental utilizando-se das ferramentas oferecidas pelas geotecnologias. Para tanto, foca em dois constituintes deste diagnóstico, seguindo a definição dada pelo Decreto n.º 4.297 (Brasil, 2002), sendo eles: determinação da vulnerabilidade natural do meio e a situação de áreas legalmente protegidas (neste estudo, as Unidades de Conservação). Este diagnóstico, assim como as técnicas empregadas, serve como subsídio ao planejamento ambiental e territorial.

A área de estudo cobre uma extensa região contendo dois importantes sistemas: Pantanal e Cerrado. A separação entre estas é marcada pelo contraste existente no relevo na área, ou seja, a baixa planície inundável do Pantanal cercada pelas terras altas não alagáveis dos planaltos do entorno (Cerrado). Há um forte sinergismo dos processos ambientais das duas áreas, visto que os principais rios do Pantanal possuem suas nascentes nos planaltos do Cerrado.

O Pantanal é uma das maiores áreas alagáveis do planeta (Keddy *et al.*, 2009), considerada Patrimônio Nacional pela Constituição Federal (Brasil, 1988) e Área Úmida de Importância Internacional pela Convenção de Ramsar (Ramsar, 2010). Em 2000, foi aprovada como Reserva da Biosfera pela UNESCO (UNESCO, 2010). O regime de inundação periódica do Pantanal resulta em uma exuberante e rica biota distribuída em uma paisagem diversificada e heterogênea. Além da importância ambiental, o Pantanal é forte referência à identidade cultural do Estado de Mato Grosso do Sul.

O Cerrado, por sua vez, pela excepcional concentração de espécies endêmicas e a perda de habitats a que é submetido, é considerado um dos *hotspots* para a conservação da biodiversidade no mundo (Myers *et al.*, 2000). Segundo maior bioma do país, ocupa cerca de 60% da área total do Estado, sendo que deste total apenas 5% está sob regime de conservação legal.

A expansão da agropecuária moderna, iniciada pela política governamental de ocupação da região Centro-oeste, é também a grande ameaça ao bioma Cerrado. É

preocupante o rápido processo de conversão do Cerrado em áreas destinadas à agricultura, principalmente a soja (Fearnside, 2001) e a pecuária extensiva. A taxa de conversão do Cerrado, durante as últimas três décadas, varia de “conservadores” 40% (Sano *et al.*, 2010) a 80% (Myers *et al.*, 2000).

Características naturais como as inundações anuais e a baixa fertilidade do solo impediram o avanço da agricultura e o conseqüente uso intenso dos solos no Pantanal. Entretanto, a pecuária, desenvolvida em condições extensivas em pastejo natural sobre tudo, com propriedades, na sua maioria, de grandes áreas, representa uma ameaça pela conversão da vegetação nativa em pastagens. Outro perigo iminente que ronda o Pantanal é a pressão exercida pela expansão da cana-de-açúcar em seu entorno (Governo, 2009).

As modificações ambientais trazidas pela expansão das atividades antrópicas sobre o Cerrado e o Pantanal incluem a fragmentação da paisagem, perda de biodiversidade, degradação do solo e a poluição das águas. Os problemas ambientais elencados são causados, originalmente, pela forma de implantação dos programas de desenvolvimento na região que, muitas vezes não consideram as vulnerabilidades naturais da área.

Ante o exposto, reforça-se a necessidade do conhecimento das características da área, suas dinâmicas e susceptibilidades para que se possa realizar a ocupação do território. O planejamento ambiental e territorial é uma racionalização da ocupação territorial. Neste sentido, os estudos relacionados à vulnerabilidade natural do meio são de extrema importância, pois identificam e analisam os ambientes em função de seus diferentes níveis de vulnerabilidade. Proporcionam, desta forma, melhor definição das ações e diretrizes a serem implementadas no espaço territorial, servindo de base para o zoneamento territorial.

Esta dissertação demonstra a importância fundamental das geotecnologias para o entendimento prévio da realidade do território, assim como sua utilização nos planejamentos ambiental e territorial. É apresentada na forma de três artigos científicos relativos aos temas abordados e metodologias empregadas. As seguintes seções dão corpo a este trabalho: Introdução Geral, Objetivos, Caracterização da Área de Estudo, Artigos Científicos, além de Conclusões e Referências. Em anexo está a norma seguida para a elaboração dos artigos.

2 OBJETIVOS

Esta dissertação tem como objetivo principal fornecer subsídios ao planejamento ambiental e territorial a partir da aplicação de ferramentas das geotecnologias. Para tanto realiza diagnósticos físicos da área de estudo, analisando a aplicação de modelos determinantes da vulnerabilidade natural e indicando aquele que melhor retrata a realidade presente na área. Além disso, faz um retrato da dinâmica da cobertura do solo e da situação atual das áreas legalmente protegidas (unidades de conservação) presentes na região de interesse.

3 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

3.1 Localização e acesso

Localizada na mesorregião Centro Norte do Estado de Mato Grosso do Sul, a área coincide com a extensão de seis municípios - Sonora, Pedro Gomes, Coxim, Rio Verde de Mato Grosso, São Gabriel do Oeste e Rio Negro - abrangendo uma superfície de aproximadamente 27.980 km². Está compreendida entre as coordenadas geográficas de latitudes 17° 10' e 19° 40' sul e longitudes 53° 30' e 55° 50' oeste (figura 3.1).

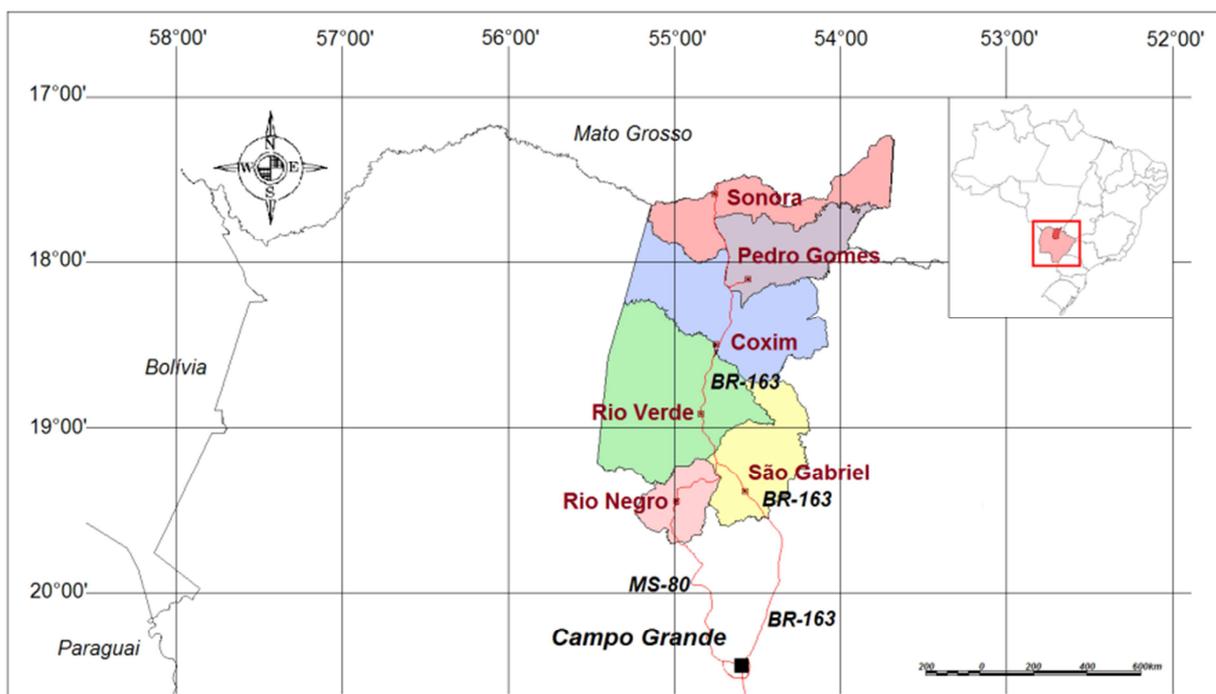


FIGURA 3.1 - Localização e acesso à área de estudo.

O acesso à região, partindo-se da capital Campo Grande, pode ser feito por meio da rodovia federal BR-163, pavimentada, que perpassa os municípios e liga as sedes de São Gabriel do Oeste, Rio Verde, Coxim, e Sonora, totalizando um percurso de aproximadamente 351 km. O acesso à sede municipal de Pedro Gomes é feito pela rodovia estadual MS-215, pavimentada, num percurso de pouco mais de 15 km. O acesso direto, partindo-se da capital, ao Município de Rio Negro pode ser realizado pela rodovia estadual MS-80, parte desta em processo de pavimentação, no trajeto Campo Grande - Rochedo - Corguinho - Rio Negro totalizando 159 km, aproximados.

3.2 Geomorfologia, geologia e solos

A área se insere em três regiões fisiográficas (Franco & Pinheiro, 1982): Planície (Pantanal), Planaltos (Maracaju-Campo Grande, Taquari-Itiquira) e Depressão do Rio Paraguai (figura 3.2). Segundo Mato Grosso do Sul (1990), a área de estudo engloba quatro regiões geomorfológicas: Planície (Pantanal), Depressão do Alto Paraguai, Planaltos e Chapadões.

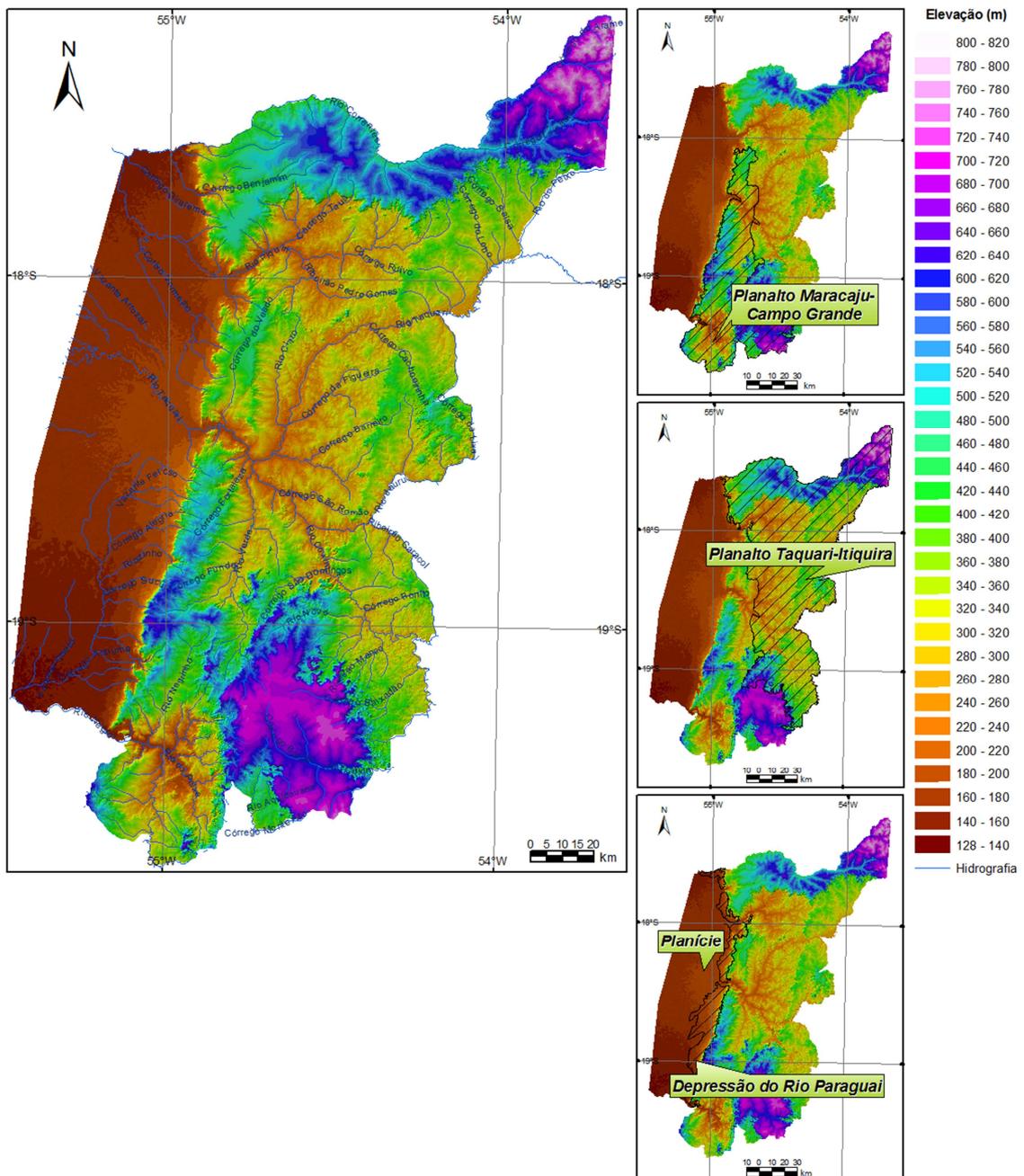


FIGURA 3.2 - Unidades fisiográficas presentes na área de estudo segundo Franco & Pinheiro (1982), a partir do modelo de elevação da *The Shuttle Radar Topography Mission* (SRTM).

A unidade Planalto Maracaju-Campo Grande está posicionada na porção sul da área de estudo estendendo-se centralmente até o Município de Coxim. Possui configuração triangular, sendo delimitado a oeste pela Depressão do Rio Paraguai e a leste pelo Planalto Taquari-Itiquira (figura 3.3).

Segundo Franco & Pinheiro (1982), quanto à altitude, o Planalto Maracaju-Campo Grande pode ser dividido em três compartimentos ou patamares (Mato Grosso do Sul, 1990). O primeiro, com altitudes entre 500m e 800m, superior, corresponde às superfícies de aplanamento ou Chapadão de São Gabriel sendo delimitado a oeste pela Serra de Maracaju. A litologia deste compartimento é formada por rochas do Cretáceo do Grupo Bauru, Unidade Edafoestratigráfica Detrítico-laterítica e circundado por rochas da Formação Serra Geral.

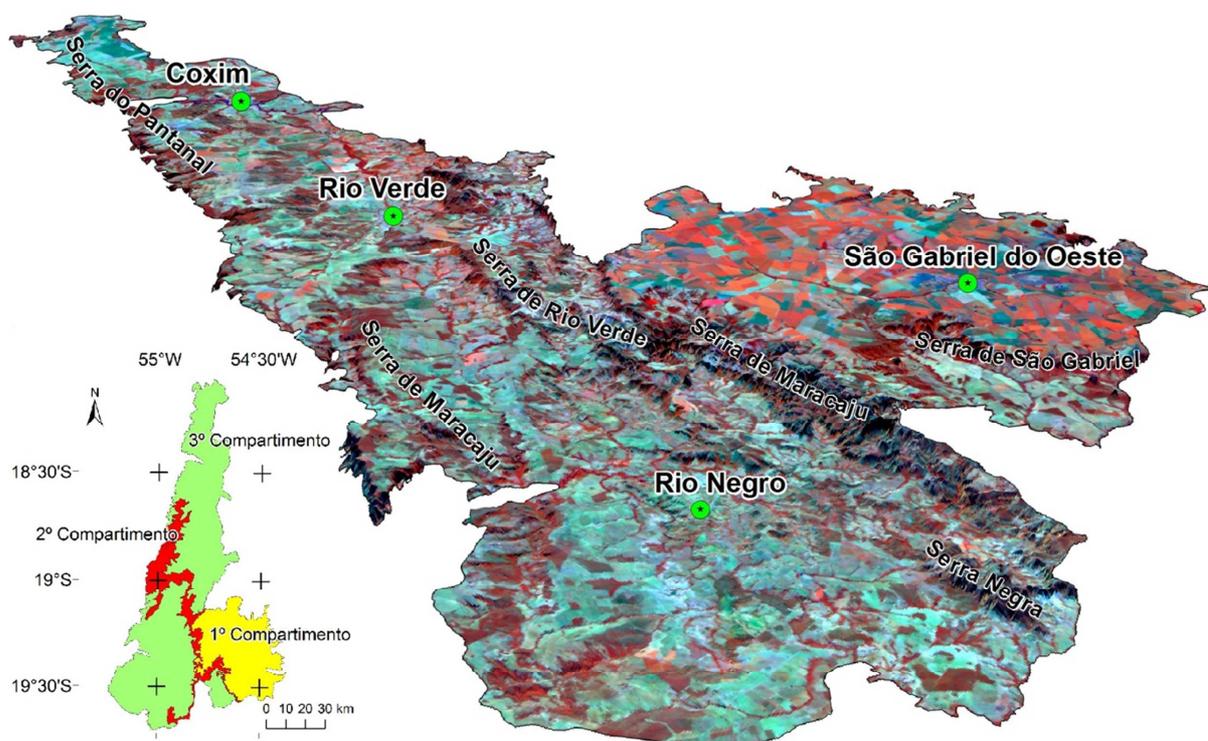


FIGURA 3.3 - Planalto Maracaju-Campo Grande e seus compartimentos. Perspectiva com exagero vertical de 5x, sem escala. Imagem Landsat 5, sensor TM, R4G5B3. A sede do Município de São Gabriel do Oeste situa-se sobre o chapadão de mesmo nome. As demais sedes distribuem-se sobre o 3º compartimento, em seu eixo longitudinal.

O segundo compartimento, intermediário, com altitudes que variam de 500m a 700m é denominado regionalmente como Serra de Maracaju, englobando também a Serra Negra. Abrange a faixa marginal e borda do Planalto em contato com a Depressão do Rio Paraguai. Da borda para o interior do Planalto ocorrem litologias das Formações Furnas, Ponta Grossa e Formação Aquidauana.

O terceiro compartimento inferior (figura 3.3), com altitudes que variam de 150m a 500m, é dividido em três pelo compartimento intermediário e limitado a leste pelas escarpas da Serra de São Gabriel (compartimento superior) e oeste pela Depressão do Rio Paraguai. Ocorrem litologias das Formações Botucatu e Serra Geral, a leste da Serra Negra, e Formação Aquidauana, a oeste da referida serra. No vértice do compartimento, na margem direita do Rio Taquari, encontra-se a borda do Planalto denominada de Serra do Pantanal. Aqui as litologias da Formação Furnas afloram através de paredões abruptos.

Como observado, o Planalto Maracaju-Campo Grande engloba considerável variação litológica, sendo constituída pelas Formações Ponta Grossa e Furnas, Serra Geral e Botucatu, Formação Aquidauana e Cobertura Detrítico-laterítica. Sobre estes se desenvolveram latossolos, neossolos quartzarênicos, neossolos litólicos e argissolos.

O Planalto Taquari-Itiquira ocupa a porção centro leste da região estudada, comportando altitudes de menos de 300m a 800m. É limitado a noroeste pela Serra do Pantanal e a sudoeste pela Serra de Camapuã (figura 3.4).

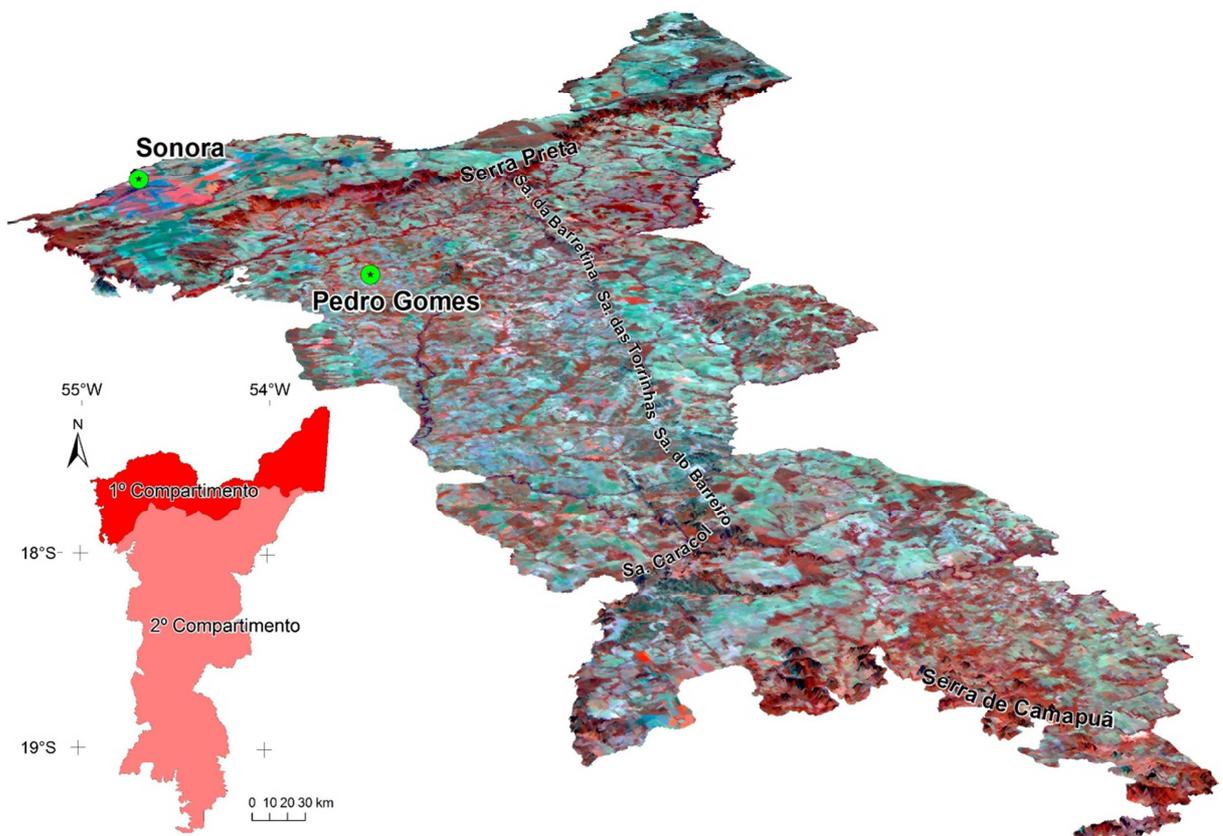


FIGURA 3.4 - Planalto Taquari-Itiquira e seus dois compartimentos. Perspectiva com exagero vertical de 5x, sem escala. Imagem Landsat 5, sensor TM, R4G5B3. A sede do Município de Sonora situa-se na divisa entre Mato Grosso do Sul e Mato Grosso, às margens do rio Correntes, que dá nome ao chapadão sobre o qual se situa a cidade (1º Compartimento).

O Planalto Taquari-Itiquira pode ser dividido em dois compartimentos. O primeiro, denominado de Chapadão do Rio Correntes (Mato Grosso do Sul, 1990), com altitudes que variam de 500m a 800m, ocupa a porção norte da área de estudo e tem como limite inferior, na área, a Serra Preta (limite dos municípios de Sonora e Pedro Gomes). Engloba litologias paleozoicas e mesozoicas, representadas pelas Formações Furnas, Ponta Grossa, Botucatu e Aquidauana. Sobre estes se desenvolveram latossolos, neossolos quartzarênicos, neossolos litólicos e argissolos.

O segundo compartimento, com altitudes que variam de 300m a 500m, se estende pelo restante da área, sendo limitado a oeste e sul pelo Planalto de Maracaju-Campo Grande. Em seu centro, estende-se uma sequência de serras sendo elas: Barretina, Torrinhas, Barreiro, Caracol e São Domingos. São presentes, na área, a Formação litológica Botucatu e Formação Aquidauana, recobertos por neossolos quartzarênicos e argissolos.

A Depressão do Rio Paraguai é uma extensa superfície rebaixada, que liga os dois planos altimétricos diferentes (planaltos e planície). Na área de estudo a superfície pediplanada é constituída por depósitos típicos de sopé de vertente, caracterizados como pedimentos (Franco & Pinheiro, 1982). As litologias presentes nesta unidade pertencem ao Grupo Cuiabá, Granitos Coxim, às Formações Pantanal e Furnas e Depósitos Detríticos.

A planície inundada intermitentemente pela bacia do Alto Paraguai é denominada de Pantanal (Silva & Abdon, 1998). A Planície Pantaneira delimitada por Silva & Abdon (1998) abrange cerca de 138.183 km² dos Estados de Mato Grosso e Mato Grosso do Sul.

A Planície Pantaneira é um dos maiores complexos continentais de terras úmidas do planeta (Harris *et al.*, 2005; Lourival *et al.*, 2009; Girard *et al.*, 2010). Caracterizado por baixas altitudes (< 200m) e gradiente topográfico extremamente baixo, o Pantanal é uma planície aluvial ainda ativa, parcialmente coberta por inundações que se estendem de janeiro a junho (Assine & Soares, 2004), mas com pontos de inundação máxima em meses distintos em diferentes compartimentos geográficos da planície (Assine, 2003).

A complexa rede de rios, incluindo o Rio Taquari e Negro, em conjunto com uma variedade de tipos de solo, dá origem a uma paisagem de geomorfologia heterogênea (Silva & Girard, 2004). Diversos autores propuseram a divisão do Pantanal em subunidades (Silva & Abdon, 1998). Para Franco & Pinheiro (1982), o Pantanal é dividido em treze e a área de estudo abrange dois destes pantanais: Taquari e Negro (figura 3.5). Segundo Adámoli (1982), o Pantanal é dividido em dez, sendo presentes na área de estudo três destes: Paiaguás, Nhecolândia e Aquidauana (figura 3.6).

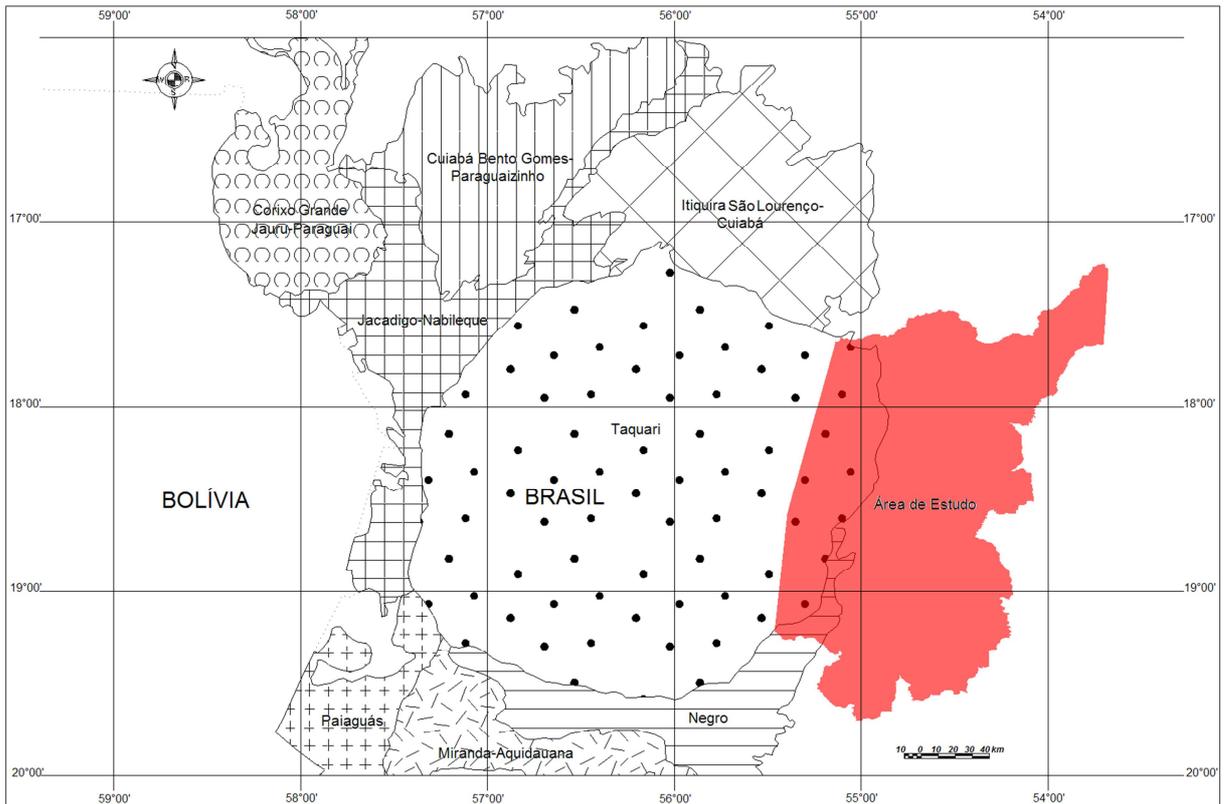


FIGURA 3.5 - Os treze Pantanais Mato-Grossenses segundo Franco & Pinheiro (1982).

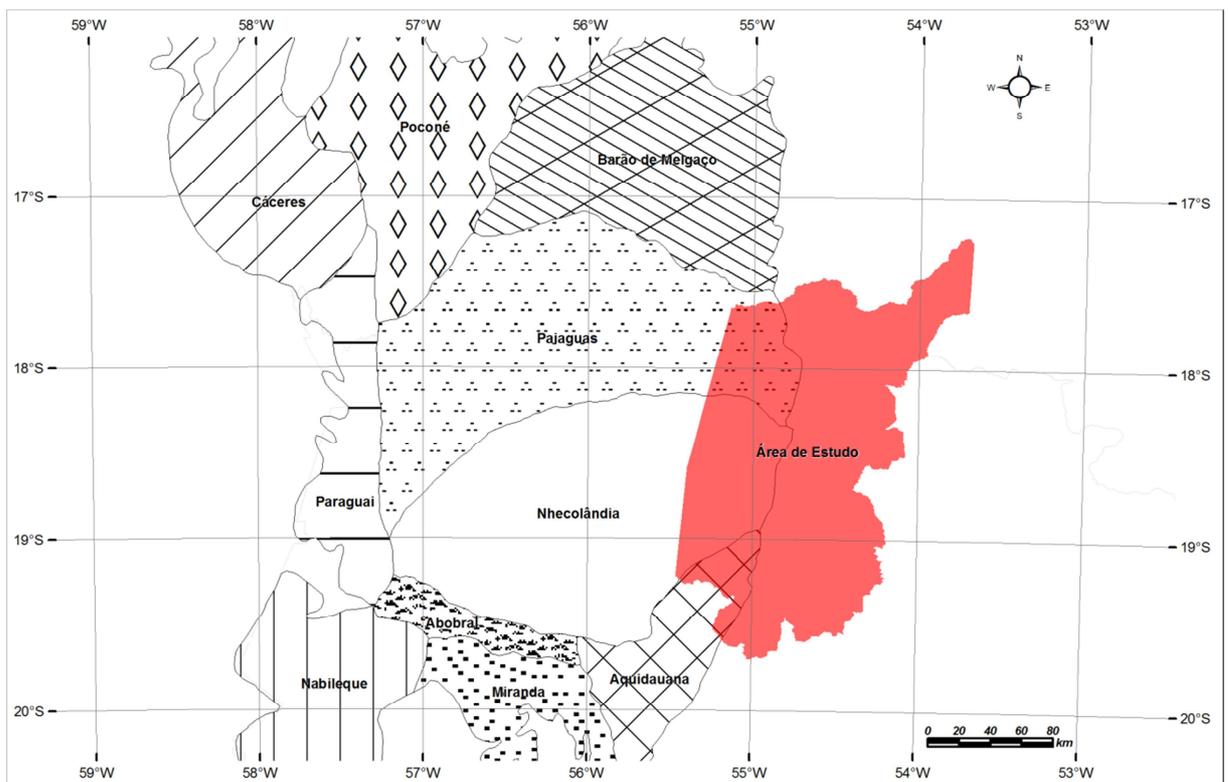


FIGURA 3.6 - Os dez Pantanais Mato-Grossenses segundo Adámoli (1982).

Os sedimentos quaternários que sustentam o Pantanal são principalmente depósitos aluviais arenosos do Rio Paraguai e de seus tributários (Silva *et al.*, 2000; Furquim *et al.*, 2010). Grande parte das águas de inundação e sedimentos depositados na planície é carreada das terras altas que a circundam. Estas interações de fatores abióticos e bióticos locais e das terras elevadas do seu entorno, além dos pulsos de inundações (Wantzen *et al.*, 2008), fazem com que o Pantanal possua características ecológicas, dinâmicas, biodiversidade e processos próprios.

3.3 Vegetação e clima

A cobertura vegetal nativa da região distribui-se, basicamente, em três tipos: Cerrado (em sentido amplo, abrangendo desde cerradão até campo limpo), matas (como matas de galeria e matas secas) e áreas de tensão ecológica (contatos). As áreas de cobertura antrópica são basicamente as de pecuária, agricultura e reflorestamento.

De acordo com Ratter *et al.* (1997), a vegetação nativa típica deste tipo de paisagem consiste em Cerrado, nos interflúvios bem drenados, com matas de galeria seguindo os cursos d'água. O Cerrado, em si, é bem variado em relação à forma, abrangendo de campo denso, normalmente coberto com arbustos e pequenas árvores a matas quase fechadas com altura de 12 a 15m. Alguns exemplos de tipos de vegetação nativas encontradas na área são apresentados nas figuras 3.7 e 3.8.



FIGURA 3.7 - Formação do tipo Mata Seca na área de estudo (A altura das árvores neste tipo de formação varia de 15 a 25m) (Município de Rio Verde, 30 de maio de 2009).



FIGURA 3.8 – Buritizais, vegetação de tipo ribeirinha (Fazem-se presentes altos e graciosos Buritis (*Mauritia flexuosa*). Na região demonstrada (Município de Rio Negro, 30 de maio de 2009), desenvolveram-se em área úmida).

Outros tipos de vegetação ocorrem, como as veredas em solos drenados, assim como diferentes tipos de matas. Os contatos entre as formações formam intrincados mosaicos, responsáveis pela biodiversidade do Cerrado (Silva *et al.*, 2006).

As áreas de tensão ecológica possuem características diversas. A litologia, as formas de relevo e a transição climática propiciam interpenetrações (enclaves) ou misturas (ecótonos) de formações de diferentes regiões fitoecológicas (Loureiro *et al.*, 1982). Estas áreas são frequentes na região do Pantanal (Prance & Schaller, 1982).

Nas últimas quatro décadas, o Cerrado tem sido extensivamente desenvolvido pela agricultura e pecuária. Entretanto, as pastagens plantadas com espécies exóticas, como a *Brachiaria* spp., são as paisagens antrópicas dominantes (Ratter *et al.*, 1997; Sano *et al.*, 2010). Esta ocupação respondeu a uma importante parte da política governamental para a ocupação do centro do país e sua incorporação na economia nacional (Ratter *et al.*, 1997).

O clima da região é classificado como Clima Tropical de Savana (AW), segundo a classificação de Köppen. O clima no Pantanal é marcado por estações secas e úmidas bem definidas. O pico chuvoso é no verão (janeiro/fevereiro), mas o pico das cheias ocorre quatro meses mais tarde (maio/junho). Como resultado, há um longo período de inundações, começando em janeiro com a chegada das águas alcançando o máximo em abril (Assine, 2003). No Cerrado, há um período com pouca ou nenhuma chuva, com déficit hídrico acentuado, que vai de abril a setembro.

Nos municípios de Sonora, Pedro Gomes e Coxim, os meses quentes correspondem a setembro e outubro, com temperaturas médias variando entre 28°C e 29°C, respectivamente,

com máximas chegando aos 39°C e mínimas de 26°C. Rio Verde e Rio Negro possuem uma estabilidade térmica com valores acima dos 25°C em toda a estação da primavera e do verão. São Gabriel do Oeste faz parte de uma região de transição. Os aspectos climáticos tendem ao tropical chuvoso com uma leve variação característica temperada onde as máximas temperaturas são relativamente baixas no período entre outubro a fevereiro (Mato Grosso do Sul, 2009a).

Na Classificação de Thornthwaite, quanto à efetividade da precipitação e a eficiência da temperatura, a região de estudo se enquadra em três tipos climáticos principais (Mato Grosso do Sul, 1990):

- Úmido a sub-úmido: apresenta índice efetivo de umidade com valores anuais variando de 20 a 40. A precipitação pluviométrica anual varia entre 1500 e 1750mm anuais, o excedente hídrico anual de 800 a 1200mm durante 5 a 6 meses e a deficiência hídrica de 350 a 500mm durante 4 meses.

- Sub-úmido: apresenta índice efetivo de umidade com valores anuais variando de 0 a 20. A precipitação pluviométrica anual varia entre 1200 a 1500mm anuais, o excedente hídrico anual de 400 a 800mm durante 3 a 4 meses e a deficiência hídrica de 500 a 650mm durante 5 meses.

- Sub-úmido a semiárido: apresenta índice efetivo de umidade com valores anuais variando de -20 a 0. A precipitação pluviométrica anual varia entre 800 a 1200mm anuais, o excedente hídrico anual de 100 a 400mm durante 2 meses de deficiência hídrica de 650 a 750mm durante 6 meses.

3.4 Socioeconomia

A economia da região de estudo é voltada principalmente para as atividades do setor primário, baseadas nas atividades agropecuárias, terciário, nas atividades de comércio e, em menor extensão no setor secundário, indústria. As atividades que mais contribuíram na arrecadação dos municípios do Imposto sobre Circulação de Mercadorias e sobre Prestações de Serviços (ICMS) no ano de 2008 são listadas na tabela 3.1.

Segundo dados da Pesquisa da Pecuária Municipal (IBGE, 2008) o efetivo dos rebanhos bovinos totalizava, em 2008, 1.734.734 cabeças, o que representa 7,75% do rebanho total do Estado. São Gabriel do Oeste se destaca pelo rebanho de suínos, que representava sozinho 11,2% do rebanho total do Estado.

TABELA 3.1 - Arrecadação dos municípios do ICMS no ano de 2008.

Atividade econômica	Arrecadação de ICMS (2008) (R\$)					
	Coxim	Pedro Gomes	Rio Negro	Rio Verde	São Gabriel	Sonora
Comércio	4.504.097,38	528.916,41	197.833,40	1.338.306,11	4.520.243,88	1.511.913,81
Indústria	124.363,47	48.957,64	51.992,25	761.672,24	6.217.749,72	312.543,71
Pecuária	1.715.069,27	366.056,88	181.955,57	547.407,67	891.714,70	180.079,67
Agricultura	2.937.102,48	396.443,42	5.670,60	123.241,39	2.614.840,03	3.428.422,84
Serviços	28.119,84	159,08	297,45	15.268,90	1.734.286,74	2.660.985,97
Eventuais	90.652,98	16.065,99	106,08	53.379,65	92.288,81	242.439,94
Total	9.399.405,42	1.356.599,42	437.855,35	2.839.275,96	16.071.123,88	8.336.385,94

Fonte: Mato Grosso do Sul, 2009b.

Quando se considera as culturas de maior destaque no cenário do agronegócio - soja, milho, algodão e cana-de-açúcar - do total da área plantada no Estado, os municípios representam 10,63%. Destaque para São Gabriel do Oeste e Sonora com 200.833 e 87.875 hectares plantados (IBGE, 2007). Em relação à cana-de-açúcar, segundo dados do projeto CANASAT (INPE, 2010), o município de Sonora é o único a figurar entre os produtores, possuindo uma área total cultivada, safra 2009-2010, de 17.264 hectares, um aumento de 1.609 hectares quando comparado à safra anterior.

O plantio de cana-de-açúcar na área da Bacia do Alto Paraguai (BAP) é uma questão polêmica. O Projeto de Lei (PROJETO, 2009) que institui o Programa de Gestão Territorial do Estado de Mato Grosso do Sul (PGT-MS) e aprova a primeira aproximação do Zoneamento Ecológico-Econômico do (ZEE/MS), permite o plantio de cana na Zona do Alto Taquari e na Serra de Maracaju. Estas zonas integram a Bacia do Alto Paraguai e seus rios banham o Pantanal. A Zona do Alto Taquari abrange todos os municípios da área de estudo, menos Rio Negro e São Gabriel do Oeste, além de Figueirão, Alcinoópolis e Camapuã. A Zona Serra de Maracaju abrange parte do município de São Gabriel (figura 3.9).

Além do plantio da cana-de-açúcar, fica liberada a instalação de usinas e agroindústrias na região, alterando o artigo 1º da Lei n.º 328 (Mato Grosso do Sul, 1982). Segundo a nova redação deste artigo:

Fica proibida a instalação de destilaria de álcool ou de usina de açúcar na área de Pantanal Sul-Mato-Grossense, representada pela Zona da Planície Pantaneira, bem como nas áreas adjacentes representadas pela Zona do Chaco, Zona da Serra da Bodoquena, Zona Depressão do Miranda e Zona Proteção da Planície Pantaneira, delimitada de acordo com anexo I (PROJETO, 2009).

Entretanto, em setembro de 2009, a União aprovou o zoneamento da cana-de-açúcar (ZAE Cana) através do decreto n.º 6.961 (BRASIL, 2009), em que a área de abrangência do zoneamento compreende todo o território nacional não abrangido pelo Bioma Amazônia, Pantanal e Bacia do Alto Paraguai.

À parte de discussões sobre hierarquia de normas jurídicas e consequências, cabe ressaltar a importância da liberação do plantio de cana na Zona do Alto Taquari e Serra de Maracaju tanto no aspecto econômico como ambiental. Segundo Mato Grosso do Sul (2009a), a maior taxa de crescimento para o período de 1986-2004 para o Estado foi apresentada pelo setor secundário e o crescente volume de investimentos, especialmente na implantação de usinas de álcool e açúcar, traçam um panorama positivo para o setor nos próximos anos. Assim, a liberação de áreas possibilitaria o crescimento econômico para os municípios da região Norte. Entretanto, não é possível dissociar o Pantanal, bacia de acumulação, da área de planaltos.

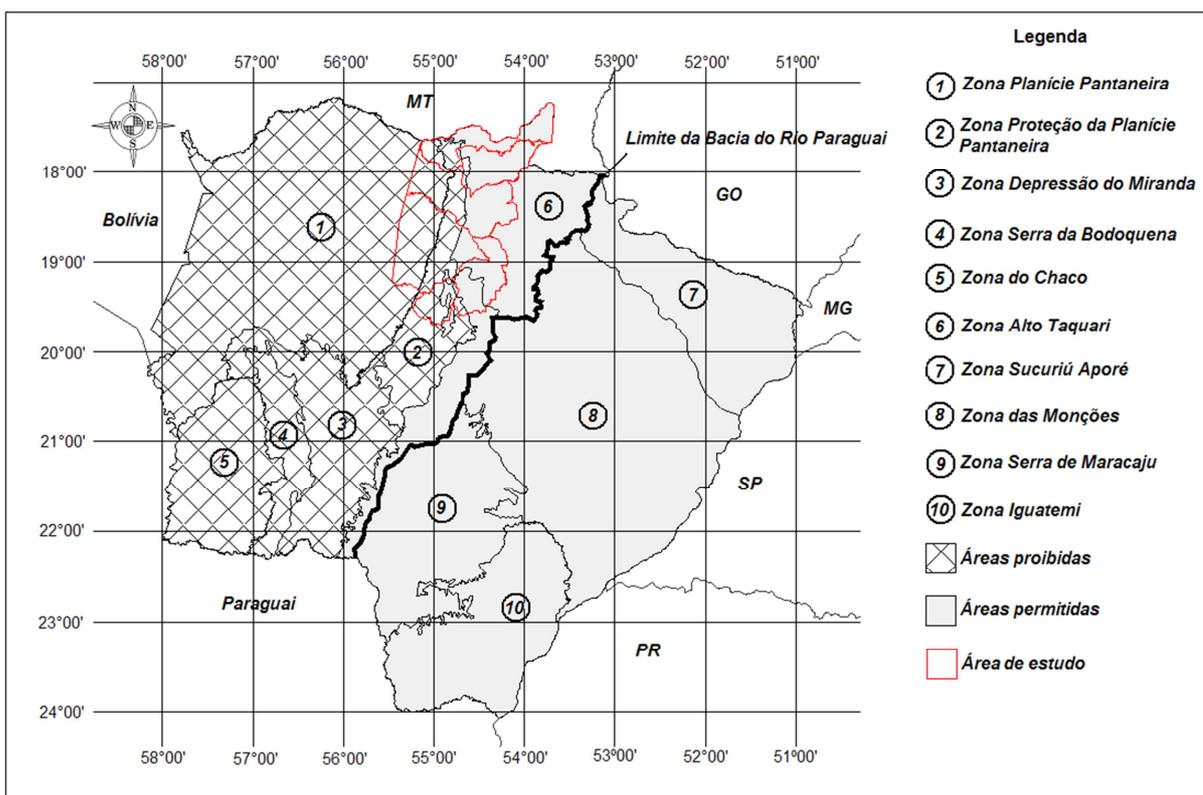


FIGURA 3.9 - Situação do plantio da cana-de-açúcar em Mato Grosso do Sul, de acordo com as zonas delimitadas pelo ZEE/MS (PROJETO, 2009). Em parte da área de estudo é permitido o plantio da cana-de-açúcar. Somente no Município de Rio Negro a proibição estende-se por todo o seu território.

Quanto à demografia, o número total de habitantes para a área é de 101.110, segundo os primeiros resultados do censo de 2010 (IBGE, 2010), sendo 50,86% representados por

homens e 49,14% por mulheres (tabela 3.2). A população urbana representa 87,02% do total. A população está distribuída em aproximadamente 27.980 km² resultando em uma população relativa de 3,61 hab./km².

O Índice de Desenvolvimento Humano Municipal (IDH-M), aferido pelas dimensões educação (IDH-E - porcentagem de pessoas alfabetizadas entre os moradores com mais de 15 anos de idade e a taxa de frequência bruta a salas de aula), longevidade (IDH-L-esperança de vida ao nascer) e renda (IDH-R- renda municipal *per capita*) dos seis municípios em estudo são mostrados na tabela 3.3.

TABELA 3.2 - Dados demográficos dos municípios pertencentes à área de estudo.

Município	População residente, sexo e situação do domicílio para 2010*				
	Homens	Mulheres	Urbana	Rural	Total
Coxim	16.150	16.030	29.160	3.020	32.180
Pedro Gomes	4.149	3.818	6.148	1.819	7.967
Rio Negro	2.606	2.434	3.669	1.371	5.040
Rio Verde de Mato Grosso	9.486	9.406	16.296	2.596	18.892
São Gabriel do Oeste	11.173	10.991	19.274	2.890	22.164
Sonora	7.865	7.002	13.434	1.433	14.867
<i>Total</i>	<i>51.429</i>	<i>49.681</i>	<i>87.981</i>	<i>13.129</i>	<i>101.110</i>
Mato Grosso do Sul	1.220.175	1.229.166	2.097.716	351.625	2.449.341

Fonte: IBGE, 2010. * Primeiros resultados.

Coxim, Pedro Gomes, Rio Negro, Rio Verde e Sonora possuíam, em 2000, desenvolvimento humano considerado médio, ou seja, IDH-M entre 0,500 e 0,799, enquanto que somente São Gabriel do Oeste tinha desenvolvimento humano considerado alto, IDH-M maior do que 0,800.

TABELA 3.3 - Índice de desenvolvimento humano para os municípios da área de estudo.

Município	IDH-M		Ranking Estadual 2000	Aumento IDH-R	Aumento IDH-L	Aumento IDH-E
	1991	2000		1991-2000 (%)	1991-2000 (%)	1991-2000 (%)
Coxim	0,682	0,780	10°	18,27	8,30	17,06
Pedro Gomes	0,634	0,723	55°	5,62	15,16	20,84
Rio Negro	0,645	0,723	53°	11,31	5,52	19,09
Rio Verde de Mato Grosso	0,657	0,752	29°	10,08	17,86	15,05
São Gabriel do Oeste	0,721	0,808	3°	10,13	18,32	8,78
Sonora	0,681	0,768	17°	7,65	12,24	18,41
Mato Grosso do Sul	0,716	0,778	7°*	6,37	7,44	11,77

Fonte: PNDU, 2010. *Ranking Nacional 2000.

4 ANÁLISE COMPARATIVA DE MODELOS DE VULNERABILIDADE NATURAL

Artigo a ser submetido à revista Geociências da Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho (UNESP), cujas normas encontram-se em ANEXO.

ANÁLISE COMPARATIVA DE MODELOS DE VULNERABILIDADE NATURAL

Erika Silva Moreira¹
Antonio Conceição Paranhos Filho¹

(1) Laboratório de Geoprocessamento para Aplicações Ambientais, Departamento de Hidráulica e Transportes. Centro de Ciências Exatas e Tecnologia, Universidade Federal de Mato Grosso do Sul. Campus Universitário, s/n°. Caixa Postal 549. CEP 79070-900. Campo Grande, MS. Endereços eletrônicos: engenheiraambiental@gmail.com; antonio.paranhos@pq.cnpq.br.

Introdução

Métodos, Técnicas e Materiais

Área de Interesse

Modelo de Crepani *et al.* (1996)

Modelo Ponderado

Modelo Qualitativo de Estabilidade dos Solos (MQES)

Aquisição e Processamento dos Dados

Valoração das Classes de Cada Tema

Resultados e Discussão

Conclusões

Referências Bibliográficas

RESUMO - O mapeamento da distribuição espacial da vulnerabilidade do meio pode definir e nortear de forma racional a ocupação antrópica de um território. Neste artigo três modelos de vulnerabilidade natural foram comparados visando determinar o mais adequado para a área de estudo. A integração dos planos de informação vegetação, solos, clima, declividade, geomorfologia, geologia, pedologia e aptidão dos solos, em ambiente SIG (Sistema de Informação Geográfica), permitiu a elaboração e análise dos mapas de vulnerabilidade natural. O modelo de Crepani com a ponderação dos fatores determinantes da vulnerabilidade foi o que mais se aproximou da realidade encontrada na área de estudo. A ponderação foi feita através do Processo Analítico Hierárquico (PAH). Os resultados obtidos demonstram que os modelos de vulnerabilidade proveem informações necessárias para as tomadas de decisão referentes à ocupação sustentável do território. A metodologia empregada é de fácil implementação e possibilita adaptações para os mais variados sistemas ambientais.

Palavras-chave: planejamento territorial, susceptibilidade natural, geotecnologias.

ABSTRACT – *E .S. Moreira, A. C. Paranhos Filho – Comparative Analysis of Natural Vulnerability Models.* The mapping of the spatial distributions of the vulnerability of the environment may define and guide a rational way to the anthropic occupation of a territory. In this paper three natural vulnerability models have been compared aiming to determine the most suitable one to the study area. The layers of information integration, such as vegetation, soils, climate, slope, geomorphology, geology, pedology and soils vocation, within the GIS (Geographic Information System) environment has allowed the elaboration and analysis of maps of natural vulnerability. The Crepani model with the ponderation of the determining factors of the vulnerability was the most near to the reality observed at the field. The ponderation has been done through the Analytic Hierarchic Process (AHP). The results achieved demonstrated that the vulnerability models give the information needed to decisions taking on the sustainable occupation of the territory. The methodology applied is easy to be implemented and also is possible to be adapted to the most variety of environment systems.

Keywords: territorial planning, natural susceptibility, geotechnologies.

INTRODUÇÃO

A superfície terrestre é um sistema em constante dinâmica. Armazena matéria e energia mantidas por processos de crescimento, decaimento, fluxo e transformação (Thomas, 2001). A aplicação de forças perturbadoras advindas de processos climáticos, tectônicos ou antrópicos nos constituintes do sistema, como o geológico, hidrológico ou morfológico, podem causar instabilidade e mudanças. As mudanças decorrentes, como transporte de material e evolução morfológica, são consequências normais do processo perturbação-resposta (Brunsdén, 2001).

As transformações da superfície variam em magnitude e escala (temporal e espacial) de acordo com a capacidade do meio em lidar com as perturbações introduzidas. Vastas extensões de terras com solos férteis em planícies aluviais ao redor do mundo (Lal, 2003) foram criadas por longos e lentos processos geológicos. Os processos acelerados pelas atividades humanas, entretanto, são um sério problema ambiental (Pimentel *et al.*, 1995). Em geral, as perturbações de origem antrópica são mediadas pela mudança de cobertura do solo que altera a resistência do sistema em compelir as forças criadas pela água e fluxo de sedimentos (Brierley, 2010). Disto podem resultar movimentos de massa e erosão hídrica, por exemplo.

Desta forma, para que a inserção das atividades sociais no meio resulte em menor instabilidade deve-se conhecer a capacidade do ambiente em lidar com as perturbações introduzidas, ou seja, a vulnerabilidade natural. A vulnerabilidade natural varia espacialmente como resultado dos padrões de seus constituintes (solo, altitude, declividade, clima). O mapeamento da distribuição espacial da vulnerabilidade pode definir e nortear de forma racional a ocupação antrópica de um território.

Este mapeamento identifica as áreas com maior ou menor vulnerabilidade e, conseqüentemente, áreas mais ou menos propensas a sofrer mudanças. Para a aplicação destes mapeamentos é necessária a utilização de modelos. Estes modelos são uma representação simplificada da realidade, que facilitam o entendimento e a descrição do meio e das questões relacionadas à vulnerabilidade natural. Os modelos são muito importantes para áreas de grandes extensões por diminuir o volume de informações necessárias aos estudos relacionados.

Vários modelos qualitativos foram desenvolvidos para a estimativa da vulnerabilidade natural (VN) como os de Crepani *et al.* (1996), Ross (1994) e Higa (2009), além de suas adaptações e modificações. Estes modelos são empíricos e baseados na experiência de especialistas. São aplicados quando não há interesse primordial, por exemplo, em estimar a carga de sedimentos produzidos em uma região como a proporcionada pela EUPS (Equação Universal da Perda do Solo) (Wischmeier & Smith, 1978). Os modelos qualitativos de análise de vulnerabilidade têm como objetivo avaliar a origem e condicionantes dos fenômenos, como erosão e movimento de massa. Estes modelos têm sido frequentemente utilizados e testados em estudos que visam gerar informações para auxiliar o manejo do território, como os estudos de Grigio *et al.* (2006), Costa *et al.* (2006), Ribeiro & Campo (2007), Oliveira *et al.* (2009), Lossardo & Lorandi (2010), Nobre & Garcia (2010) e Furlan *et al.* (2010).

Na metodologia proposta por Crepani *et al.* (1996), baseada no conceito de ecodinâmica de Tricart (1977), a vulnerabilidade é estabelecida por meio de uma escala de valores relativos e empíricos, de acordo com a relação existente entre os processos de pedogênese (meios estáveis) e os processos de morfogênese (meios instáveis). Classifica as áreas de forma qualitativa, levando em consideração os parâmetros geologia, geomorfologia, pedologia, vegetação e clima. A fragilidade potencial de Ross (1994), sinônimo de vulnerabilidade natural, também se baseia no conceito de ecodinâmica. A fragilidade é escalonada em níveis nominais e qualitativos. Utiliza como parâmetros a geomorfologia, o clima, uso da terra/cobertura vegetal e a pedologia.

Higa (2009) propõe um novo método denominado de Modelo Qualitativo de Estabilidade dos Solos (MQES), como alternativa à EUPS (Equação Universal da Perda dos solos) para avaliação das áreas quanto à vulnerabilidade/estabilidade, quando não imprescindível à quantificação estimada da carga de sedimentos. Para a implementação do modelo são utilizados dados de aptidão dos solos, declividade e vegetação.

Modificações ou adaptações foram propostas visando determinar a importância ou significância dos fatores ou parâmetros considerados nos modelos. Através destas modificações pode-se ponderar

cada fator, fazendo-se com que aqueles de maior relevância para determinada área sejam salientados. A ponderação consiste numa maneira de se hierarquizar por meio de pesos os fatores, indicando, desta forma, a importância relativa de cada um. Segundo Grigio *et al.* (2006), esta ponderação permite que uma representação mais fiel das peculiaridades de cada paisagem seja obtida objetivamente.

Desta forma, considerando a importância do planejamento ambiental e territorial e a necessidade de identificar e interpretar a vulnerabilidade física do território, este artigo tem como objetivo comparar três modelos para a estimativa da vulnerabilidade natural: de Crepani *et al.* (1996), Crepani *et al.* (1996) com ponderação dos fatores (denominado doravante de Ponderado) e o MQES (Higa, 2009), utilizando-se, para tanto, as ferramentas oferecidas pelas geotecnologias. Visa contribuir com a discussão e ampliação do conhecimento sobre vulnerabilidade e auxiliar nas tomadas de decisões inerentes a ocupação do espaço.

MÉTODOS, TÉCNICAS E MATERIAIS

ÁREA DE INTERESSE

Localizada no Centro-Norte do Estado de Mato Grosso do Sul, a área de estudo coincide com a extensão de seis municípios - Sonora, Pedro Gomes, Coxim, Rio Verde de Mato Grosso, São Gabriel do Oeste e Rio Negro - abrangendo uma superfície de aproximadamente 27.980 km². Está compreendida entre as coordenadas geográficas de latitudes 17° 10' e 19° 40' sul e longitudes 53° 30' e 55° 50' oeste (figura 1).

Segundo Mato Grosso do Sul (1990), a área de estudo se insere em quatro regiões geomorfológicas – Pantanal (Planície), Depressão do Alto Paraguai, Planaltos e Chapadões. De oeste para leste da área de estudo, estendem-se a região do Pantanal (Planície) e Depressão do Alto Paraguai, vasta superfície rebaixada recoberta por sedimentos quaternários (figura 2). Nesta porção do território desenvolvem-se solos do tipo planossolo, plintossolo, espodossolos, neossolos quartzarênicos e argissolos.

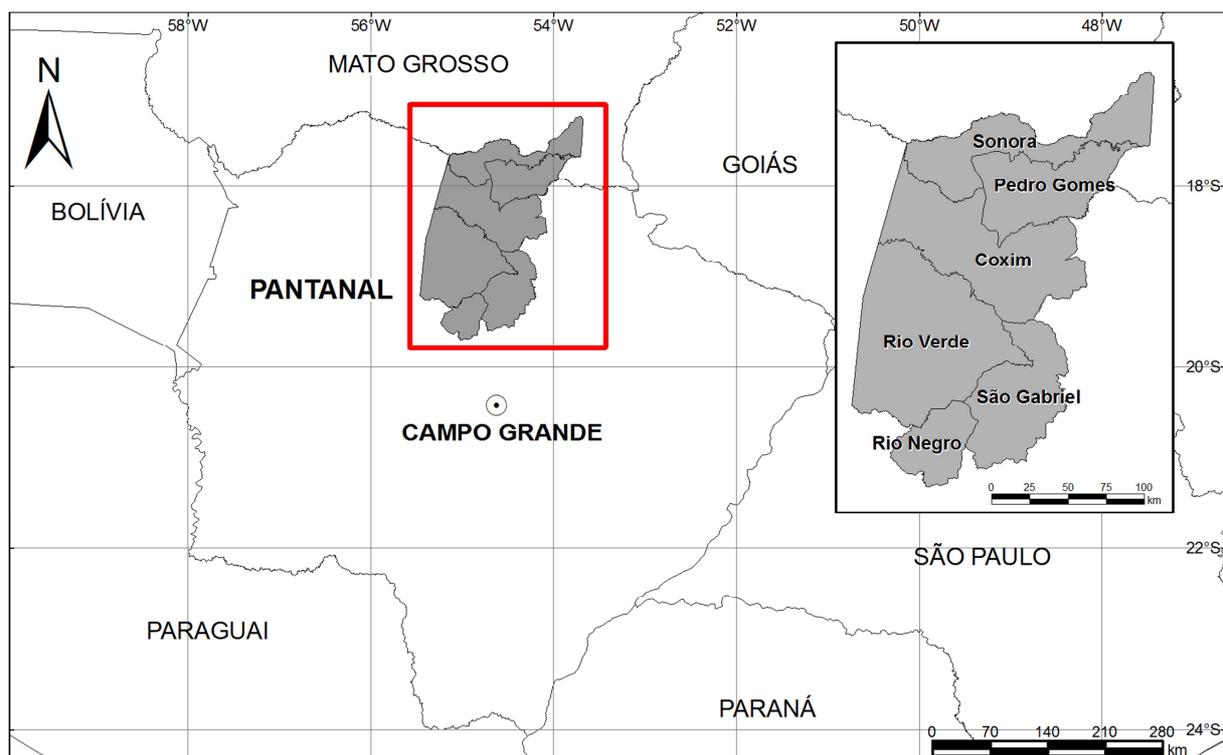


FIGURA 1. Região de interesse localizada no Centro-norte de Mato Grosso do Sul. A área abrangida pelos seis municípios estudados soma 27.980 km².

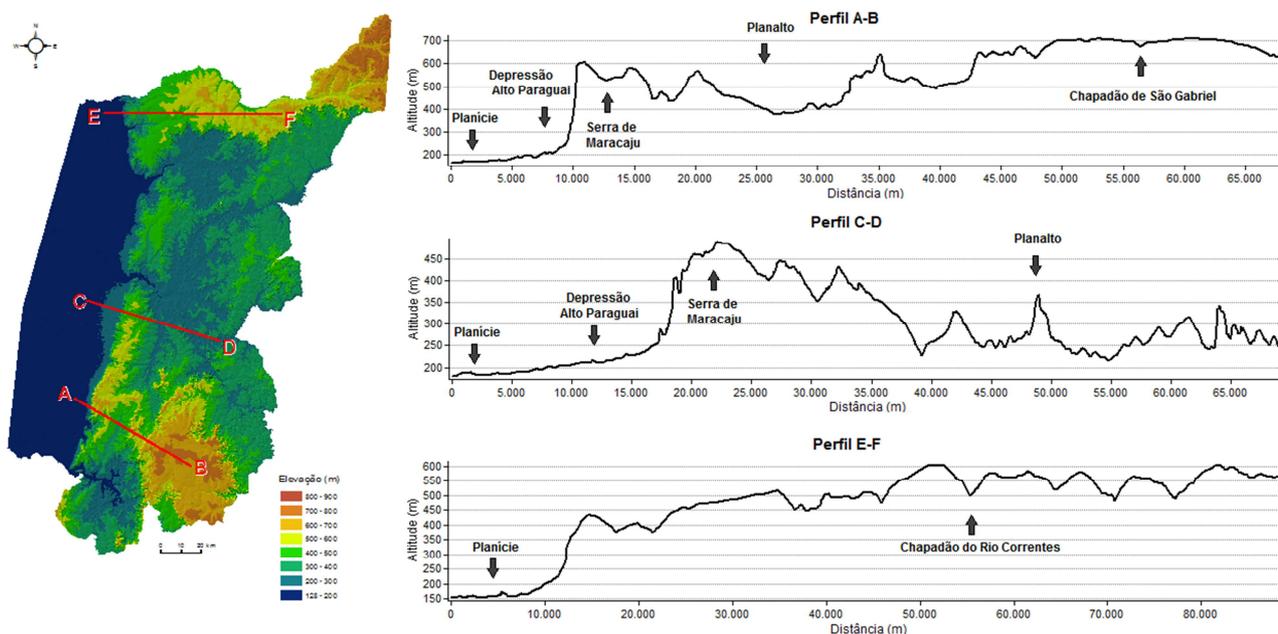


FIGURA 2. Perfis topográficos da área de estudo. Pelo mapa altimétrico percebe-se a nítida separação entre Planície pantaneira, Depressão, Planaltos e Chapadões. A Planície se estende a esquerda (em azul escuro) com altitudes variando de 128m a 200m. Entre a Planície e o Planalto, encontra-se a Depressão do Alto Paraguai, uma delgada faixa longitudinal cuja altitude varia entre 200m a 300m. Os Chapadões destacam-se neste cenário elevando-se até 900m. Sobre o restante da área espalha-se o Planalto de aparência cuestasiforme.

O contato entre a região deprimida e os Planaltos é feito através de *cuestas* sustentadas por arenitos paleozoicos e denominadas regionalmente de Serra de Maracaju (figura 2, perfis A-B e C-D). A partir desta borda até os Chapadões de São Gabriel (figura 2, perfil A-B), ao sul, e do Rio Correntes (figura 2, perfil E-F), ao norte, estendem-se os Planaltos, caracterizados por uma sequência de patamares de aparência escalonada e *cuestiforme*. Os Planaltos se sustentam sobre arenitos da Formação Furnas, rochas sedimentares paleozoicas da Formação Ponta Grossa e Formação Aquidauana, mesozoicas dos Arenitos Botucatu e Piramboia, além dos derrames basálticos da Formação Serra Geral, de oeste para leste.

Os Chapadões representam extensas áreas planas, elevadas em relação ao restante da área. Sustentam-se sobre Cobertura Detrítica Laterítica. Sobre os Planaltos e Chapadões desenvolvem-se uma variedade de solos, representados por latossolos, neossolos litólicos, neossolos quartzarênicos e argissolos.

A vegetação é composta pelas regiões fitoecológicas Cerrado e Matas (mata seca, mata de galeria, por exemplo), além de contatos florísticos entre as regiões e espécies exóticas introduzidas pelas atividades antrópicas como a *Brachiaria* ssp. O clima é classificado como Tropical de Savana (AW), segundo a classificação de Köppen. A área faz parte da Bacia do Alto Paraguai, sendo drenada por importantes rios como Correntes, Taquari, Coxim e Negro.

MODELO DE CREPANI *ET AL.* (1996)

Neste modelo a vulnerabilidade natural é estabelecida por meio de uma escala de valores de acordo com a relação morfogênese/pedogênese analisando-se individualmente cada classe dos temas ou fatores (figura 3): geologia, geomorfologia, pedologia, vegetação e clima (Crepani *et al.*, 1996). Quando há predomínio da pedogênese (processo de formação dos solos) os valores atribuídos se aproximam de 1,00, passando a valores próximos de 2,00, quando se têm situações intermediárias e, próximos de 3,00, quando há predomínio da morfogênese (processos modificadores do relevo) (tabela 1).

Para diminuir a subjetividade na valoração atribuída a cada classe dos fatores utilizados, optou-se por valores com intervalo de 0,50, diferentemente da metodologia original cujos valores variam de 0,10. Desta forma cada classe dos fatores ou temas pode ser valorada em 1,00; 1,50; 2,00; 2,50 ou 3,00, dependendo de sua tendência a morfogênese ou pedogênese.

TABELA 1. Valores atribuídos às categorias morfodinâmicas de acordo com a relação morfogênese/pedogênese (Crepani *et al.*, 1996).

Categoria morfodinâmica	Relação Pedogênese/Morfogênese	Valor
Estável	Prevalece a Pedogênese	1,00
Intermediária	Equilíbrio entre Pedogênese/Morfogênese	2,00
Instável	Prevalece a Morfogênese	3,00

A vulnerabilidade é resultante da média aritmética dos valores de cada classe dos temas ou fatores (Equação 1):

$$VN = \frac{(G + GM + V + PE + CL)}{5} \quad (1)$$

Sendo: geologia (G), geomorfologia (GM), pedologia (PE), vegetação (V) e clima (CL).

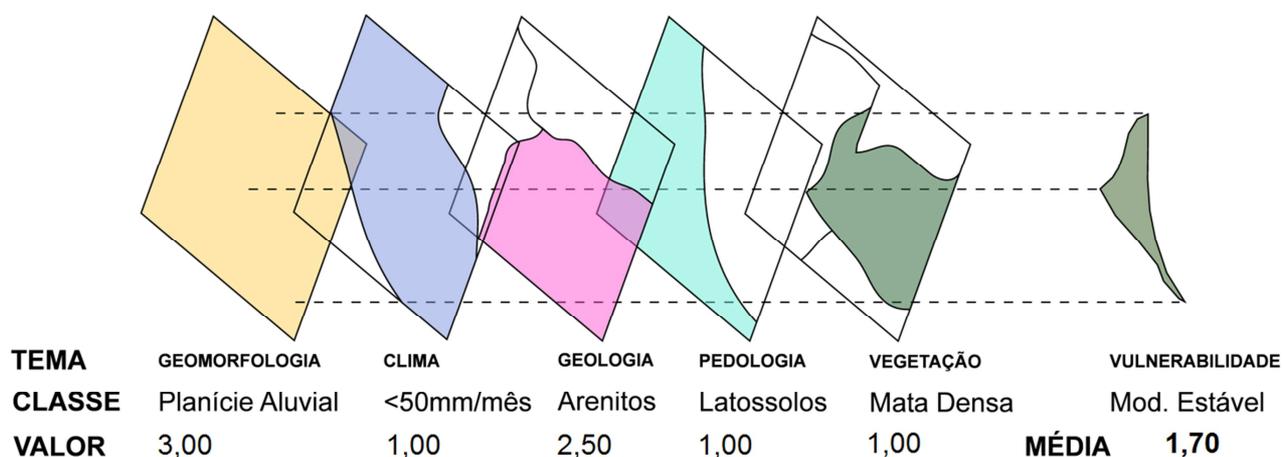


FIGURA 3. Exemplo de determinação da VN por meio da álgebra de mapas.

Dentro da escala de vulnerabilidade, apresentada na tabela 1, aos valores de médias resultantes entre 1,00-1,30 é associado ao grau de vulnerabilidade estável; entre 1,40-1,70 moderadamente estável; 1,80-2,20 medianamente estável/vulnerável; 2,30-2,60 moderadamente vulnerável e entre 2,70-3,00 vulnerável.

MODELO PONDERADO

Utilizou-se o método de comparação pareada para a ponderação dos fatores utilizados na determinação da VN. Por este método, os pesos são desenvolvidos por meio de uma série de comparações pareadas da importância relativa de cada fator utilizando como referência uma escala contínua de nove pontos (figura 4).



FIGURA 4. Escala de importância entre os fatores analisados na determinação da VNE.

Esta escala varia de 1/9, quando um fator é extremamente menos importante do que o outro, a 9, quando um fator é extremamente mais importante do que o outro (tabela 2). Esta comparação pareada é então analisada para se produzir um conjunto de pesos cuja soma é 1,0 (Eastman, 2006). Este procedimento segundo o qual os pesos são produzidos segue a lógica desenvolvida por Saaty (1977) sob o Processo Analítico Hierárquico (PAH).

TABELA 2. Definição dos graus de importância entre os fatores.

Grau de importância	Definição
1	Importância igual entre dois fatores
3	Importância moderada de um elemento em comparação a outro
5	Importância forte de um elemento em comparação a outro
7	Importância certificada de um elemento em comparação a outro
9	Importância absoluta de um elemento em comparação a outro
1/3, 1/5, 1/7, 1/9	Inverso das apreciações prévias

A comparação pareada é feita sob a forma de uma matriz (tabela 3). Por possuir vários modos de preenchimento, a escolha da matriz de comparação deve considerar a Taxa de Consistência (TC). A matriz deve possuir consistência em seus julgamentos sobre a importância entre os fatores. Por exemplo, se A é mais importante do que B e B é mais importante do que C, A deve ser mais importante do que C. A taxa de consistência indica a probabilidade de que os julgamentos de

comparação entre os fatores tenham sido gerados aleatoriamente (Eastman, 2006). Os valores da TC devem sempre estar abaixo de 0,10 e, no caso de estarem acima desse valor, há a necessidade de reorganização da matriz, alterando-se os valores de comparação entre os fatores.

TABELA 3. Exemplo de matriz de comparação* com os graus de importância entre os fatores, taxa de consistência e o peso resultante.

Fatores	Clima	Pedologia	Geologia	Geomorfologia	Vegetação	Pesos
Clima	1					0,0321
Pedologia	5	1				0,1079
Geologia	5	1	1			0,1079
Geomorfologia	7	3	3	1		0,2482
Vegetação	9	3	5	3	1	0,5040

Taxa de Consistência (TC) = 0,06

* A matriz de comparação não possui simetria, apenas a metade de baixo é preenchida, as demais células são valores inversos. Por exemplo, pedologia é fortemente mais importante do que clima (grau de importância 5), como pode ser observado na segunda coluna, segunda linha da tabela. Desta forma, clima é fortemente menos importante do que pedologia (1/5 recíproco de 5), não sendo necessário o preenchimento da célula de comparação entre clima e pedologia (terceira coluna, primeira linha).

Para a escolha dos pesos dos fatores realizaram-se vários testes. As combinações são apresentadas na tabela 4. Pelas características da área estudada, observadas em campo como início de processos erosivos por exemplo, considerou-se a combinação de pesos do teste 5 (T5) como o mais representativo da realidade encontrada. Desta forma, os pesos utilizados para a vegetação, geologia, geomorfologia, pedologia e clima foram, respectivamente: 0,5040; 0,1079; 0,2482; 0,1079 e 0,0321. A taxa de consistência atingida foi de 0,04.

TABELA 4. Teste de pesos para os fatores de determinação da vulnerabilidade natural.

Testes	Pesos					TC
	Vegetação	Geologia	Geomorfologia	Pedologia	Clima	
T1	0,4710	0,1003	0,1003	0,2675	0,0608	0,01
T2	0,5147	0,1136	0,1136	0,2112	0,0470	0,02
T3	0,5042	0,1024	0,1024	0,2452	0,0490	0,03
T4	0,5463	0,0879	0,2440	0,0879	0,0340	0,06
T5	0,5040	0,1079	0,2482	0,1079	0,0321	0,04
T6	0,4967	0,1659	0,1659	0,1122	0,0593	0,04

Para a valoração no método ponderado, é necessária a conversão dos valores de vulnerabilidade para o intervalo entre 0,00 e 1,00. A partir de lógica fuzzy, função sigmoideal monotonicamente

crescente, converteram-se os valores para 0,00 (1,00); 0,15 (1,50); 0,50 (2,00); 0,85 (2,50) e 1,00 (3,00).

Dentro da escala de vulnerabilidade convertida, valores entre 0,00-0,05 são classificados como estáveis; entre 0,05-0,27 de moderadamente estáveis; 0,27-0,65 de medianamente estáveis/vulneráveis; 0,65- 0,91 de moderadamente vulneráveis e entre 0,91-1,00 como vulneráveis.

MODELO QUALITATIVO DE ESTABILIDADE DOS SOLOS (MQES)

O MQES utilizado neste trabalho é uma adaptação da proposta metodológica de Higa (2009). Ao se fazer uma analogia entre a EUPS (equação 2) e o MQES (equação 3), ter-se-ia as seguintes correspondências:

$$EUPS = f(K, LS, C, P, R) \quad (2)$$

$$MQES = f(AS, S, V) \quad (3)$$

Sendo: aptidão dos solos (AS), erodibilidade dos solos (K), declividade (S), fator topográfico rampa e declividade (LS), vegetação (V), uso e manejo do solo (C), práticas conservacionistas (P) e erosividade das chuvas (R).

Adotou-se a mesma escala de valores do método de Crepani *et al.* (1996), ou seja, valores variando de 1,00 a 3,00, em intervalos de 0,50. Quando há predomínio da pedogênese os valores atribuídos se aproximam de 1,00, passando a valores próximos de 2,00, quando se têm situações intermediárias, e próximos de 3,00 quando há predomínio da morfogênese.

AQUISIÇÃO E PROCESSAMENTO DOS DADOS

Os planos de informação utilizados - geologia, geomorfologia, vegetação, associação de solos e aptidão agrícola - foram aqueles gerados pelo Plano de Conservação da Bacia do Alto Paraguai (PCBAP, 1997), em escala 1:250.000. Os vetores foram obtidos do banco de dados do Ministério do Meio Ambiente (MMA, 2009) e PCBAP (1997) em formato *shapefile*. Foi necessária a correção de erros topológicos encontrados nas relações entre os polígonos, como vazios e sobreposição de

vetores. Esta correção foi realizada utilizando-se o programa ArcGIS (ESRI, 2008). Após a correção topológica os planos de informação foram integrados (álgebra de mapas) em ambiente SIG (Sistema de Informação Geográfica) através do programa Geomatica (PCI, 2007).

O plano de informação clima foi criado de acordo com Crepani *et al.* (2001), em que a distribuição espacial das intensidades pluviométricas é delimitada segundo os limites das cartas de escala 1:250.000, seguindo o Mapa Índice Reduzido (MIR). Cobrem a área de estudo quatro cartas, sendo: MIR 419, MIR 420, MIR 432 e MIR 445.

O plano de informação declividade foi obtido do modelo digital de elevação da *The Shuttle Radar Topography Mission* (SRTM) pela aplicação do algoritmo *slope* (SLP) do programa Geomatica (PCI, 2007) e posterior transformação do formato matricial para vetorial. O modelo é disponibilizado gratuitamente na página da *internet* da *National Aeronautics and Space Administration* (NASA). Utilizou-se a versão 2.1, em formato *hgt*, datum horizontal WGS 84 e resolução espacial de 90m, após processamento para a eliminação de valores espúrios utilizando-se do programa Geomatica (PCI, 2007).

VALORAÇÃO DAS CLASSES DE CADA TEMA

Para a atribuição de valores para cada classe Crepani *et al.* (1996) consideram, para o tema geologia (figura 5), o grau de coesão das rochas. A resistência ao intemperismo das rochas, por ser um agregado de minerais, depende em parte da resistência ao intemperismo dos minerais que a compõem (litotipos) bem como da resistência à desagregação entre os minerais. Em rochas pouco coesas podem prevalecer os processos erosivos, modificadores das formas de relevo (morfogênese), enquanto que nas rochas bastante coesas devem prevalecer os processos de intemperismo e formação de solos (pedogênese). Assim, fatores como forma do mineral, estrutura, composição química, acesso do agente intemperizador e remoção do produto intemperizado, foram levados em consideração por Crepani *et al.* (2001) para a determinação das vulnerabilidades de cada rocha.

Desta forma, por exemplo, o Formação Aquidauana, cujos litotipos principais são arenitos, é uma classe considerada moderadamente vulnerável, valorada em 2,50 ou 0,85. Os valores das demais classes são listados na tabela 5.

TABELA 5. Vulnerabilidade das rochas ao intemperismo de acordo com seus principais litotipos, segundo Crepani *et al.* (2001).

Classes	Cód.	Principais litotipos	Vuln .	Vuln. Conv.
Aluviões Fluviais	QHa	Depósitos inconsolidados (areia, cascalho, silte, argila e turfa)	3,00	1,00
Cobertura Detrítica Laterítica Pleistocênica	QPdl	Depósito coluvionar (Depósitos inconsolidados: coluviões e talus)	3,00	1,00
Grupo Bauru	Kb	Arenitos, siltitos e argilitos	2,50	0,85
Formação Aquidauana	Cpa	Arenitos, siltitos e argilitos	2,50	0,85
Formação Pantanal	Qp	Depósito flúvio lacustre (areia, cascalho, silte, argila e turfa)	2,50	0,85
Formação Botucatu	Jb	Arenitos bem consolidados	2,50	0,85
Formação Furnas	SDf	Arenitos	2,50	0,85
Formação Palermo	Pp	Arenitos bem consolidados	2,50	0,85
Formação Ponta Grossa	Dpg	Siltitos, argilitos, folhelhos e arenitos	2,50	0,85
Formação Piramboia	TRpi	Arenitos bem consolidados	2,50	0,85
Grupo Cuiabá	PScb	Filitos	2,00	0,50
Formação Serra Geral	JKsg	Basaltos e diabásios	1,50	0,15
Suíte Intrusiva São Vicente	EOggv	Monzo-granodiorito	1,00	0,00
Cobertura Detrítica Laterítica Neogênica	Tndl	Crosta detrítico-laterítica (Coberturas consolidadas detrítico-lateríticas e carbonáticas)	1,00	0,00

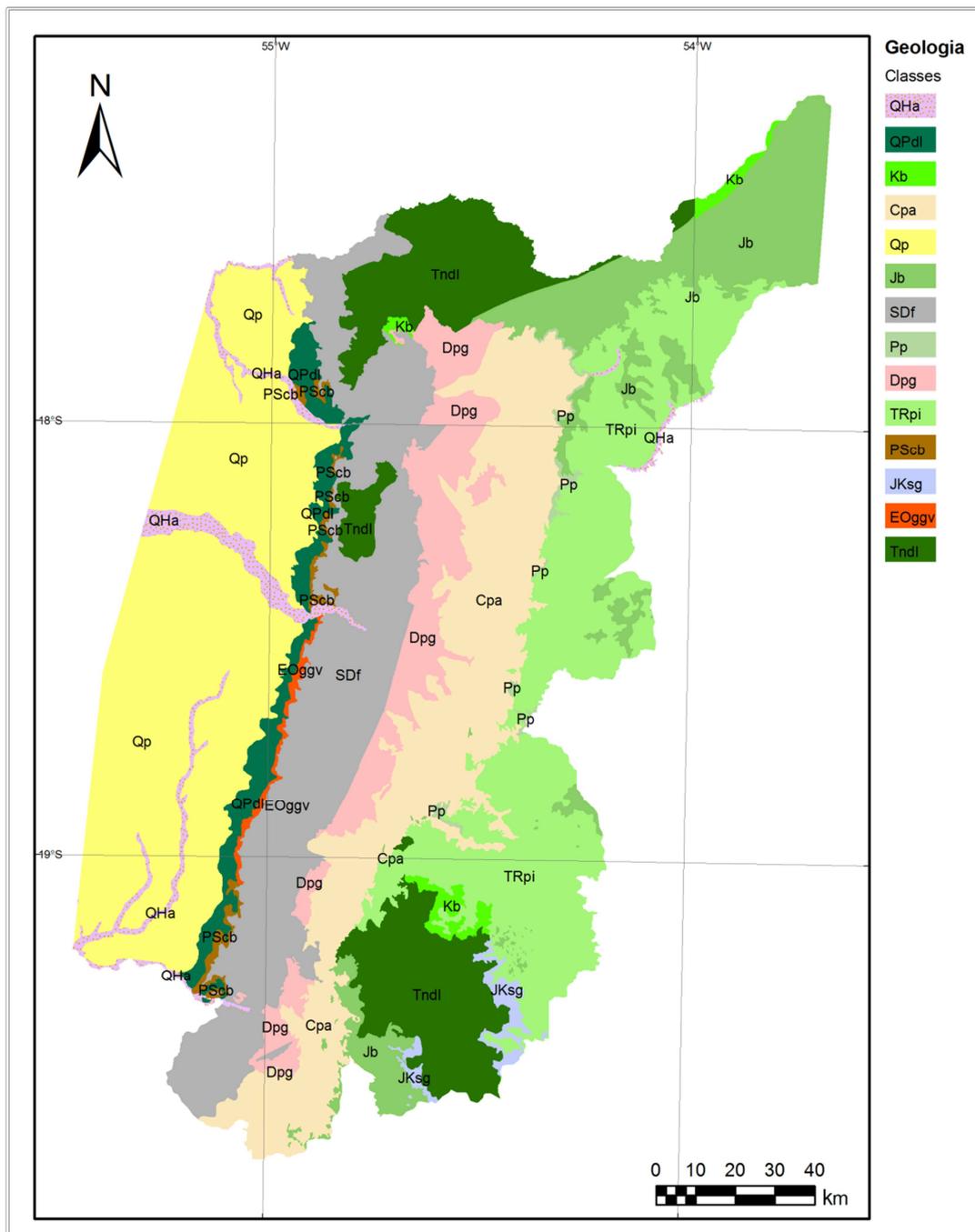


FIGURA 5. Mapa geológico da área de estudo (PCBAP, 1997). É possível observar a distribuição de rochas paleozoicas e mesozoicas pelo Planalto e quaternárias pelo Pantanal.

Para o tema pedologia (figura 6), a principal característica dos solos considerada é o seu grau de desenvolvimento ou maturidade. Em ambientes estáveis há condições favoráveis à formação e desenvolvimento dos solos, encontrando-se nestes locais solos bastante desenvolvidos. Os latossolos, por exemplo, são solos bem desenvolvidos, com grande profundidade sendo, portanto, considerados os solos cujos materiais são os mais decompostos. Seu próprio nome origina-se da palavra *laterite* em latim, ou seja, “tijolo” ou “material fortemente endurecido” (Ker, 1997). São

considerados solos velhos ou maduros. Por estas características são classificados como estáveis, de acordo com a escala de Crepani *et al.* (2001) e atribui-se o valor 1,00 a eles (tabela 6).

TABELA 6. Vulnerabilidade natural dos solos, segundo Crepani *et al.* (2001).

	Classes	Cód.	Vuln.	Vuln. Conv.
Latossolo	Roxo distrófico	LRd	1,00	0,00
	Vermelho-Amarelo Distrófico	LVd		
	Vermelho-Amarelo Álico	LVa		
	Vermelho-Escuro Álico	LEa		
Podzol	Hidromórfico	HP	2,00	0,50
Planossolo	Distrófico	PLd	2,00	0,50
Podzólico	Vermelho-Amarelo Distrófico	PVd	2,00	0,50
	Vermelho-Amarelo Eutrófico	PVe		
	Vermelho-Amarelo Álico	PVa		
Plintossolo	Distrófico	PTd	3,00	1,00
Areias Quartzosas	Distróficas	AQd	3,00	1,00
	Hidromórficas Distróficas	HAQd		
	Hidromórficas Álicas	HAQa		
	Álicas	AQa		
Glei Pouco Húmico	Distrófico	HGPd	3,00	1,00
Solos Litólicos	Distróficos	Rd	3,00	1,00
	Eutróficos	Re		
	Álicos	Ra		

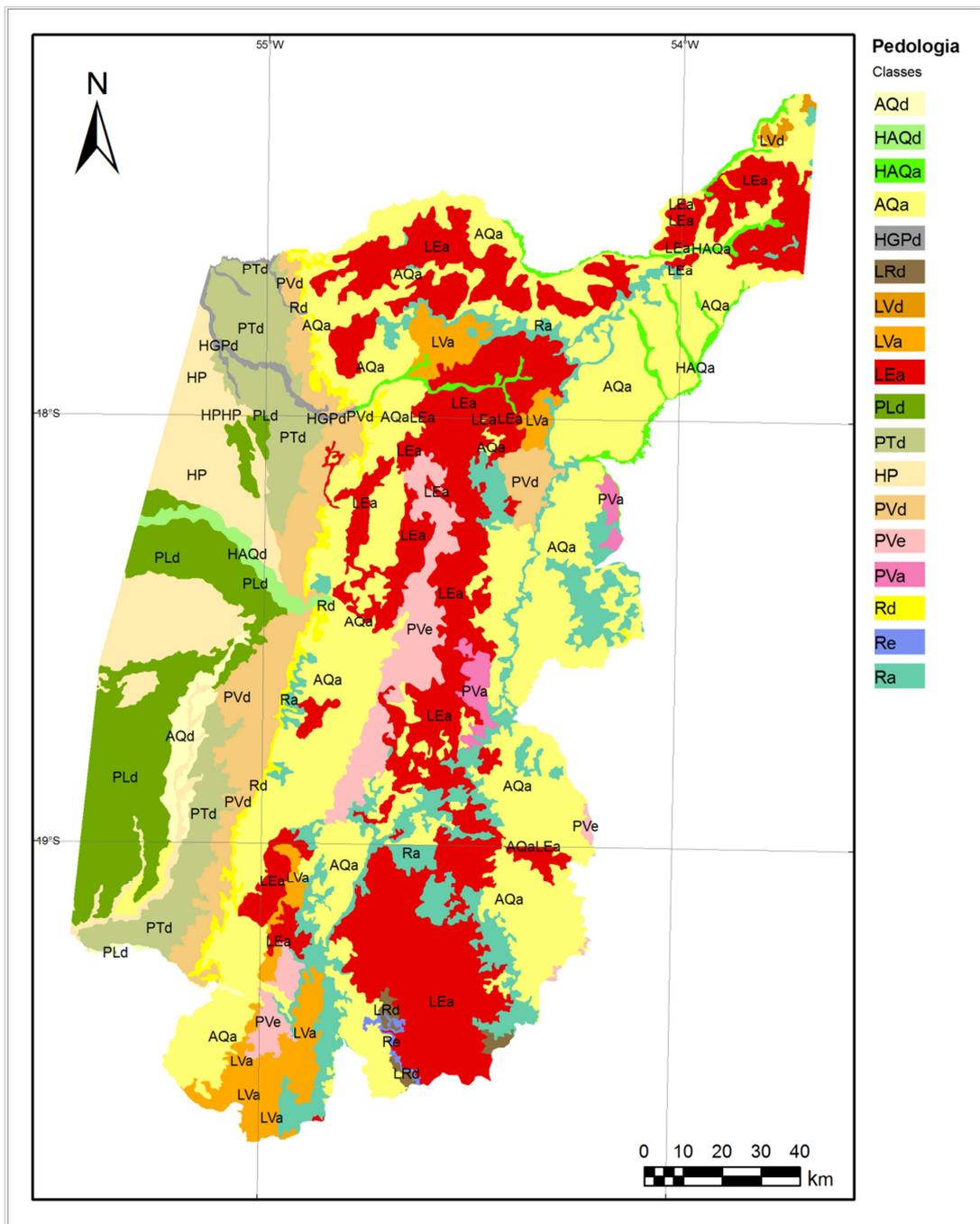


FIGURA 6. Mapa de associação dos solos da área de estudo (PCBAP, 1997).

A densidade de cobertura vegetal é o parâmetro a ser considerado para o tema vegetação (figura 7). A vegetação possui papel estabilizador pela função de anteparo da radiação solar e das águas das chuvas, além de frenador sobre os ventos (Tricart, 1977). Desta forma, onde mais densa for a vegetação terá lugar a pedogênese e, na escala de vulnerabilidade, valores mais próximos da estabilidade (1,00) (tabela 7).

TABELA 7. Vulnerabilidade de cada classe de vegetação, segundo Crepani *et al.* (2001).

Cód.	Classes	Vuln.	Vuln. Conv.
AGUA	Água	1,00	0,00
FA	Floresta Estacional Semidecidual Aluvial (Mata, Mata ciliar)	1,50	0,15
FS	Floresta Estacional Semidecidual Submontana (Mata, Mata seca)	1,50	0,15
SD	Savana (Cerrado) Florestada (Cerradão)	1,50	0,15
S/C	Ecótono Savana/Floresta Estacional Semidecidual (Mata)	1,50	0,15
SF	Encrave Savana (Cerrado) /Floresta Estacional Semidecidual (Mata)	1,50	0,15
SA	Savana (Cerrado) Arborizada (Campo cerrado, Cerrado, Cerrado aberto)	2,00	0,50
AS+SD	Savana (Cerrado) Arborizada + Florestada	2,00	0,50
AS+SF	Savana (Cerrado) Arborizada + Gramíneo-Lenhosa	2,50	0,85
SD+SG	Savana (Cerrado) Florestada + Gramíneo-Lenhosa	2,50	0,85
SG+SA	Savana (Cerrado) Gramíneo-Lenhosa + Arborizada	2,50	0,85
S/PA	Ecótono Savana/Formações Pioneiras (Cerrado, Campo limpo)	2,50	1,00
SG	Savana gramíneo-lenhosa (Campo, Campo limpo, Campo sujo, Caronal, Campina, Campo alagado)	3,00	1,00
USO	Área desmatada	3,00	1,00

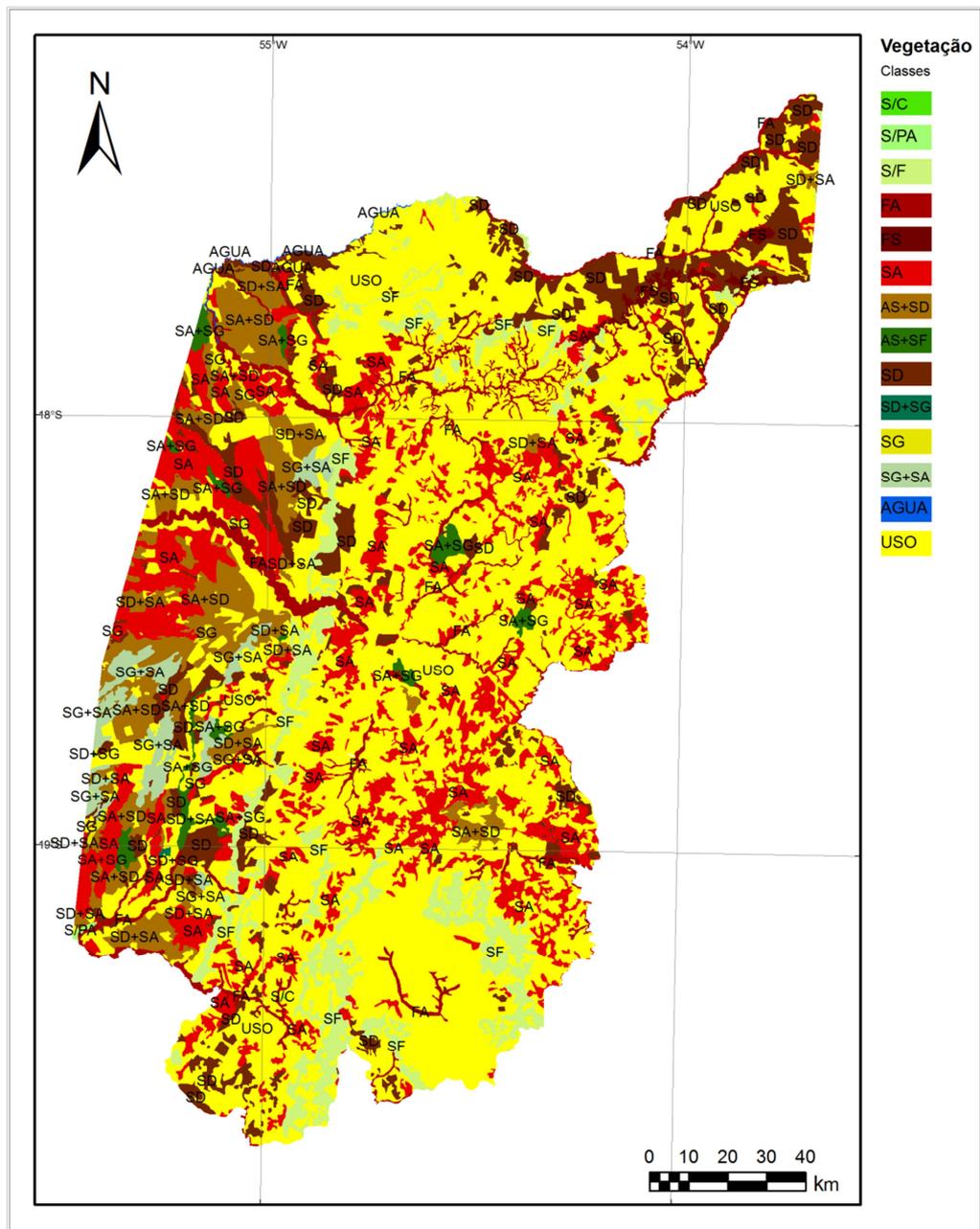


FIGURA 7. Mapa de vegetação da área de estudo (PCBAP, 1997).

A vulnerabilidade para o tema geomorfologia (figura 8) é obtida da consideração e valoração empírica e relativa de três índices morfométricos do terreno, sendo eles: amplitude do interflúvio, grau de dissecação do relevo pela drenagem e declividade. Para a valoração deste tema, utilizou-se a descrição de Crepani *et al.* (2001), RADAMBRASIL (Brasil, 1982) e PCBAP (1997), além da declividade da área de estudo. Por exemplo, para formas de dissecação aguçadas Da24, segundo PCBAP (1997) ou a22 por RADAMBRASIL (Brasil, 1982), cujo dimensionamento dos interflúvios varia entre 250m a 750m, intensidade de aprofundamento de drenagem fraca e a declividade

variando entre 20 a 50% a vulnerabilidade resultante é 2,00 (média aritmética de 2,50; 1,50 e 2,50; vulnerabilidades dos índices analisados, respectivamente) (tabela 8 e figura 8).

TABELA 8. Vulnerabilidade de cada classe do tema geomorfologia. Códigos de acordo com PCBAP (1997) e RADAMBRASIL (Brasil, 1982), segundo Crepani *et al.* (2001).

Classes			Vuln.	Vuln. Conv.
Cód. PCBAP	Cód. RADAMBRASIL	Descrição		
Apf	Apf	Planície lacustre, periodicamente ou permanentemente alagada.	3,00	1,00
Aa1, Aa2 e Aa3	Aai1, Aai2, Aai3	Áreas de acumulação inundáveis, inundações baixa, média e alta, respectivamente.		
Det	Et	Superfície erosiva tabular. Relevo residual de topo plano.	2,50	0,85
Dgi	Egi	<i>Inselberg</i> . Relevo residual resultante de processos de pediplanação.		
Dst	St	Superfície estrutural tabular. Superfície aplanada limitada por escarpas e retrabalhadas por processos de pediplanação.	1,00	0,00
Dpd	Epd	Pedimento. Forma de relevo efetuado por recuo de vertentes, resultando em encostas de declive fraco, ligando dois planos altimétricos diferentes.		
Dep	Ep	Superfície pediplanada. Superfície de aplanamento elaborada por processo de pediplanação.	1,00	0,00
Dt11	t51			
Dt14, Dt23, Dc13, Dt12, Dt13	t21, t32, c31, t41, t31		1,50	0,15
Dt34, Dc34, Dc25, Dt15, Dc24, Dt24, Dt25, Dt33, Dt44, Dc15, Dc14, Da24	t23, c22, c12, t11, c22, t22, t12, t33, t22, c11, c21, a22	Formas de dissecação aguçadas, convexas e tabulares (Da, Dc e Dt).	2,00	0,50
Da44, Dc35, Da34, Da25, Da35, Da15	a24, a13, a23, a12, a13, a11		2,50	0,85

As áreas cujas formas de relevo são aplanadas ou suavemente dissecadas possuem vulnerabilidade baixa, variando de 1,00 a 1,50, pelo baixo aprofundamento de drenagem, variação de altitude e declividade. Estas áreas aparecem na Depressão do Paraguai e nos Chapadões, além de espalhadas pelo Planalto. As áreas pediplanadas (Dep) e de formas de relevo plano são, em grande

parte, ocupadas por áreas voltadas para a agropecuária, como no Município de São Gabriel do Oeste.

Deve-se ressaltar que, para a valoração das formas de dissecação aguçadas, convexas e tabulares (Da, Dc e Dt) utilizaram-se as nomenclaturas e índices de dissecação do relevo de RADAMBRASIL (Brasil, 1982), pois estes diferem dos adotados por PCBAP (1997). Assim, foi possível a correspondência entre as classes e os valores propostos por Crepani *et al.* (2001).

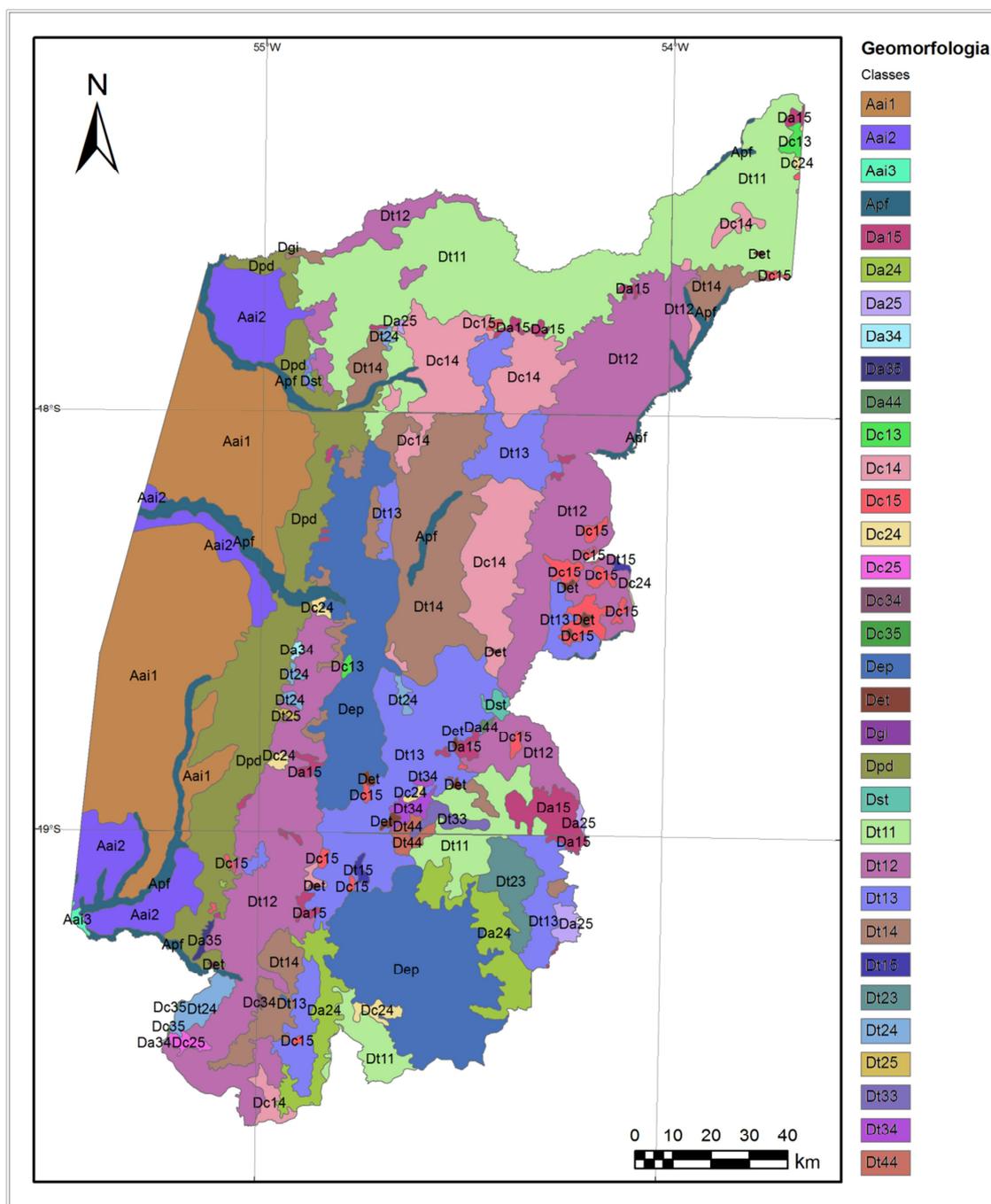


FIGURA 8. Mapa geomorfológico da área de estudo (PCBAP, 1997).

Para o tema clima (figura 9), Crepani *et al.* (1996) consideram apenas o fator chuva e uma de suas três características físicas: a intensidade pluviométrica. Consideram importante conhecer a intensidade pluviométrica por representar uma relação entre as outras duas (pluviosidade total e distribuição sazonal). Adotam valores fixos e uniformes para regiões limitadas pelas folhas da Carta do Brasil na escala de 1: 250.000, seguindo o Mapa Índice Reduzido (MIR).

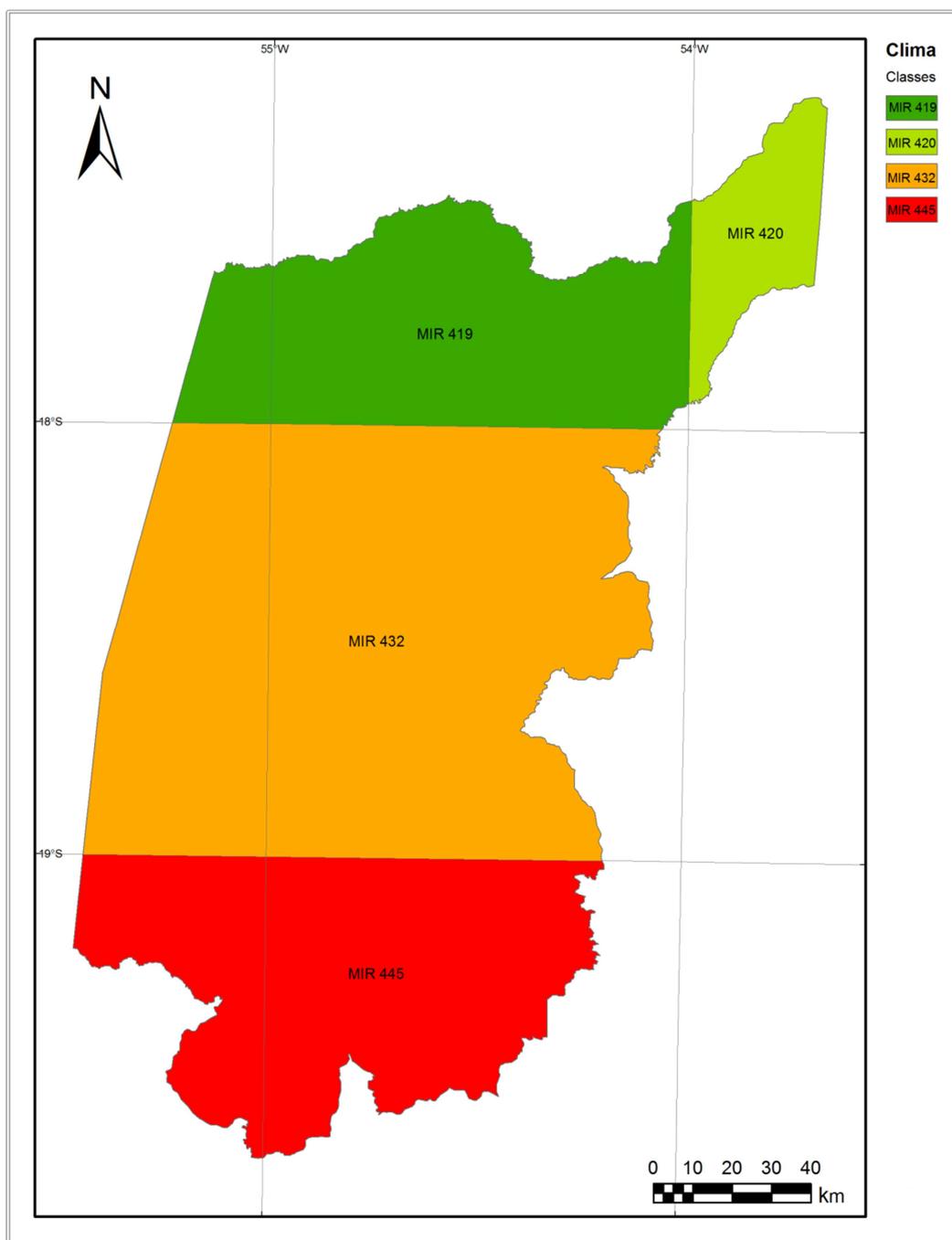


FIGURA 9. Tema clima segundo as cartas em escala 1:250.000 de delimitação pelo Mapa Índice Reduzido.

Para as quatro cartas que cobrem a área de estudo o grau de vulnerabilidade associado aos valores da intensidade pluviométrica é o mesmo, ou seja, 1,5.

No MQES o critério adotado na valoração do tema vegetação é o mesmo de Crepani *et al.* (1996), ou seja, a densidade da vegetação (Tabela 7). Quando se considera a declividade (figura 10), quanto maior o seu valor, maior a velocidade de escoamento das águas e sua capacidade de transporte, responsável pelos processos erosivos e prevalência da morfogênese. O intervalo adotado para as classes clinográficas é aquele proposto por Crepani *et al.* (2001) (tabela 9).

TABELA 9. Vulnerabilidade de cada classe de declividade, segundo Crepani *et al.* (2001).

Declividade (%)	Vuln.	Vuln. Conv.
0-2	1,00	0,00
2-6	1,50	0,15
6-20	2,00	0,50
20-50	2,50	0,85
≥50	3,00	1,00

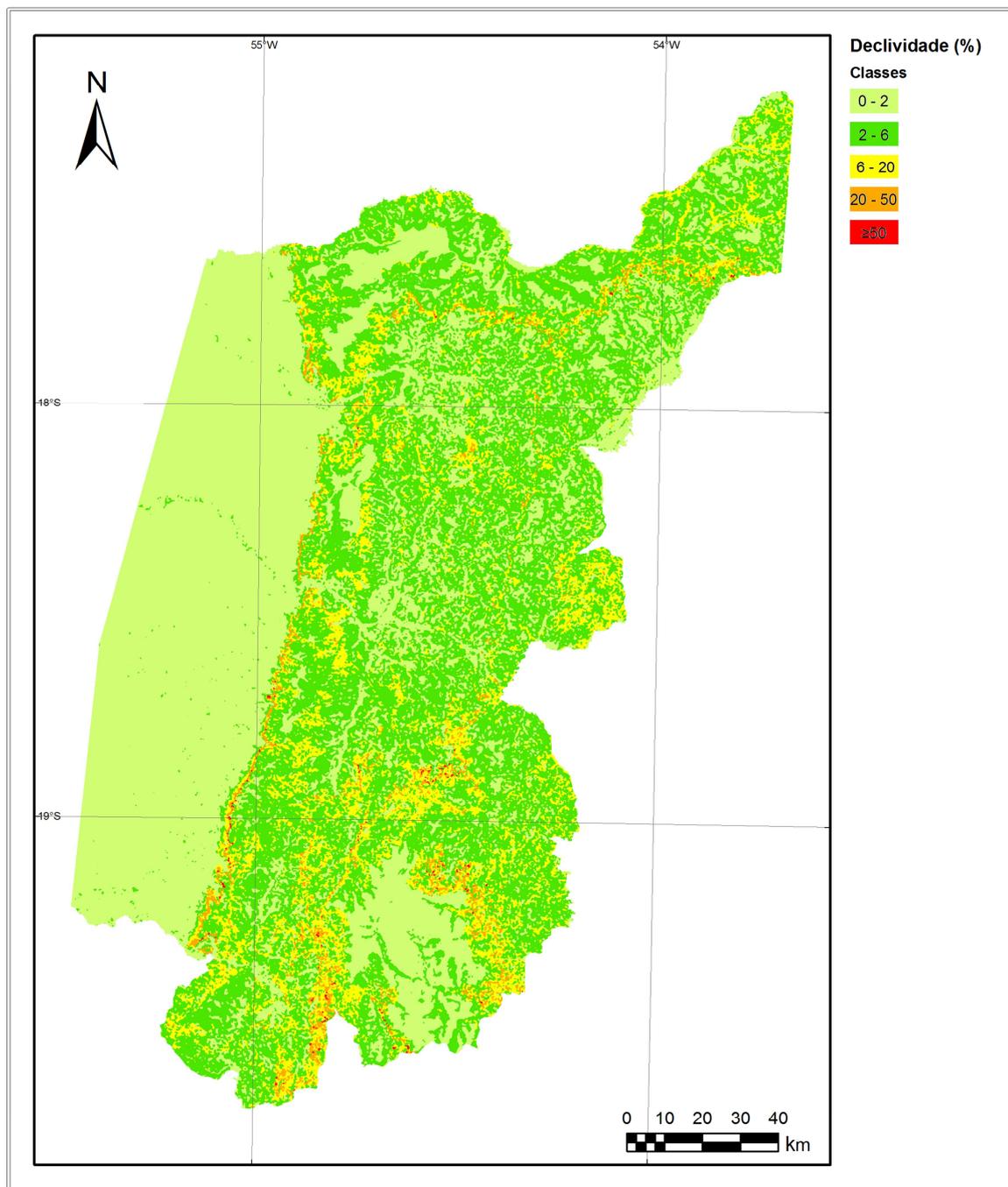


FIGURA 10. Declividade na área de estudo criada a partir do Modelo Digital de Elevação (MDE) do SRTM. É possível distinguir com clareza o Pantanal, à esquerda, dos Planaltos e Chapadões.

A aptidão dos solos (figura 11) considera cinco qualidades básicas dos solos que dificultam ou até mesmo impedem sua utilização como fertilidade natural, excesso e deficiência de água, susceptibilidade à erosão e impedimentos à mecanização. Para a valoração, utilizou-se a definição de cada classe obtidas do Atlas Multirreferencial do Estado de Mato Grosso do Sul (Mato Grosso do Sul, 1990). Considerou-se, como fator principal do tema, a susceptibilidade do solo à erosão. Por exemplo, os solos que pertencem ao grupo 6 não possuem aptidão para o uso agrícola por

apresentaram fortes limitações quanto à susceptibilidade à erosão, devido ao relevo ondulado, montanhoso e escarpado (tabela 10). Por este motivo sua vulnerabilidade é alta (3,00).

TABELA 10. Vulnerabilidade de cada classe do fator aptidão dos solos à erosão.

Classes	Vuln.	Vuln. Conv.
2(a)bc	1,00	0,00
2abc	2,00	0,50
TM1	2,00	0,50
AC1	2,00	0,50
PN4	2,00	0,50
PN5	2,00	0,50
TM2	3,00	1,00
PN3	3,00	1,00
3(ab)	3,00	1,00
6	3,00	1,00

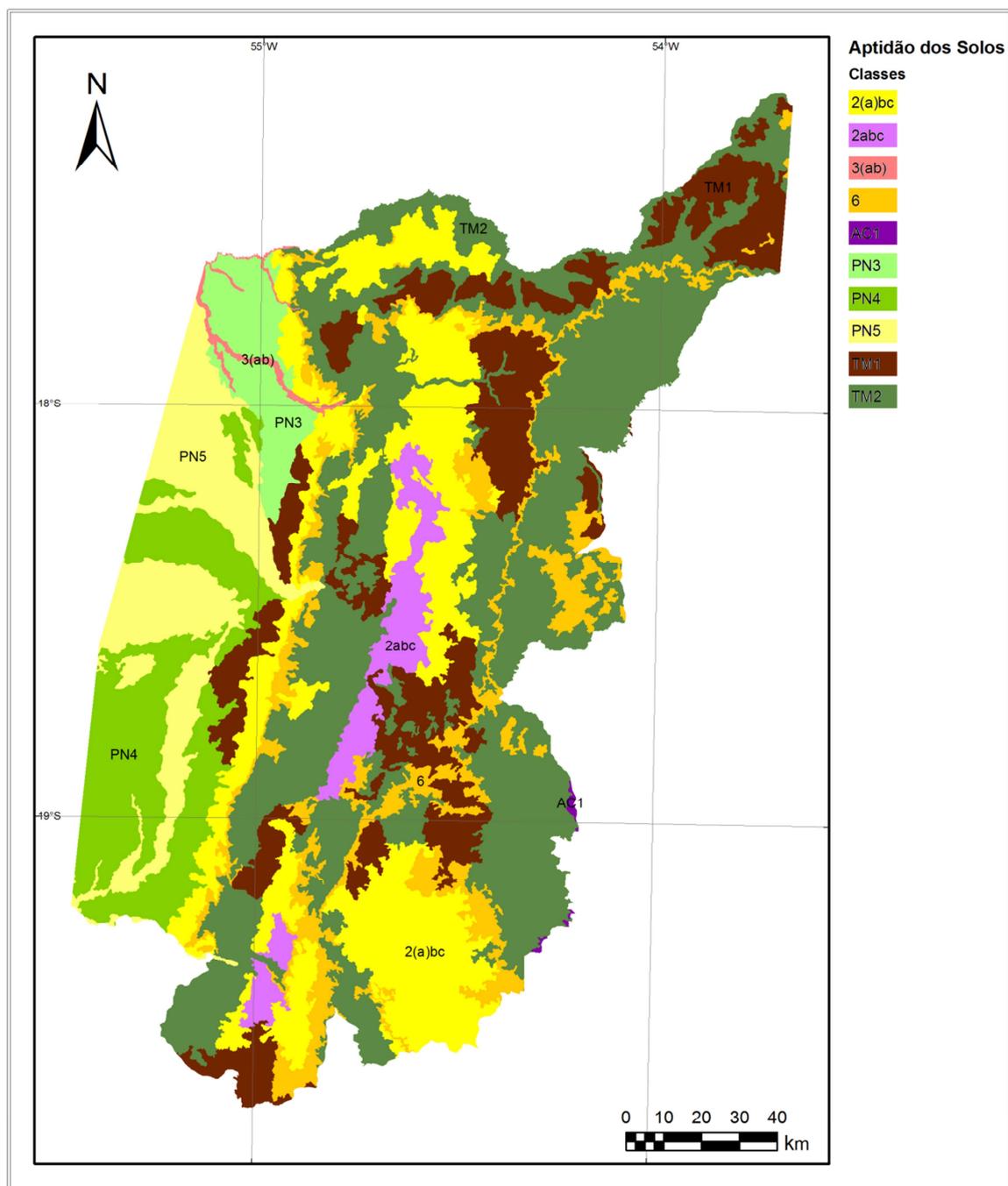


FIGURA 11. Carta de aptidão dos solos da área de estudo (PCBAP, 1997).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os três modelos aplicados apresentaram resultados divergentes para a área de estudo. O modelo proposto por Crepani *et al.* (1996) classifica a região nos cinco graus de vulnerabilidade, assim como o MQES. O mesmo não acontece com o modelo Ponderado. A área é classificada apenas em quatro classes de vulnerabilidade, não constando as áreas moderadamente estáveis, conforme demonstrado na tabela 11 e figura 12.

TABELA 11. Porcentagem das áreas classificadas para cada grau de vulnerabilidade para os diferentes modelos.

Grau de Vulnerabilidade	Área (%)		
	Crepani <i>et al.</i> (1996)	Ponderado	MQES
Estável	0,60	5,87	1,24
Mod. Estável	15,94	-	28,69
Med. Estável/Vulnerável	57,90	46,47	41,35
Mod. Vulnerável	25,10	45,64	25,58
Vulnerável	0,46	2,02	3,14

Os três modelos concordaram em sua grande maioria em dois graus de vulnerabilidade: medianamente estável/vulnerável e moderadamente vulnerável (figura 13), que em todos os modelos ocupam mais de 60% da área total. As áreas de grau medianamente estável/vulnerável, nos três modelos, se espalham principalmente sobre os Planaltos, Chapadão do Rio Correntes e, em menor porção, na Planície. As áreas de grau moderadamente vulnerável distribuem-se principalmente sobre os Planaltos.

Na Planície, mais especificamente ao norte, os modelos concordam (figura 13) quanto ao grau medianamente estável/vulnerável em áreas frágeis quanto à geomorfologia e geologia, principalmente. Estas áreas, apesar de planas (declividades inferiores a 2%), sofrem inundações permanentes ou periódicas, sendo, portanto áreas de constante deposição de sedimentos. Esta sedimentação por si já caracteriza a Planície como área de ocorrência de morfogênese. Os solos, característicos de regiões com oscilação do lençol freático, por serem originados de sedimentos do quaternário (material fino) possuem textura argilosa. São solos jovens e pouco desenvolvidos com pouca coesão. Isto se deve a quebra da estabilidade necessária à formação dos solos pelas sucessivas inundações. A cobertura modificada pelas atividades antrópicas se estende por toda a região em conjunto com a vegetação do tipo Cerrado Arborizado (Campo cerrado, Cerrado *stricto sensu* e Cerrado aberto) e, em menor extensão, Cerradão.

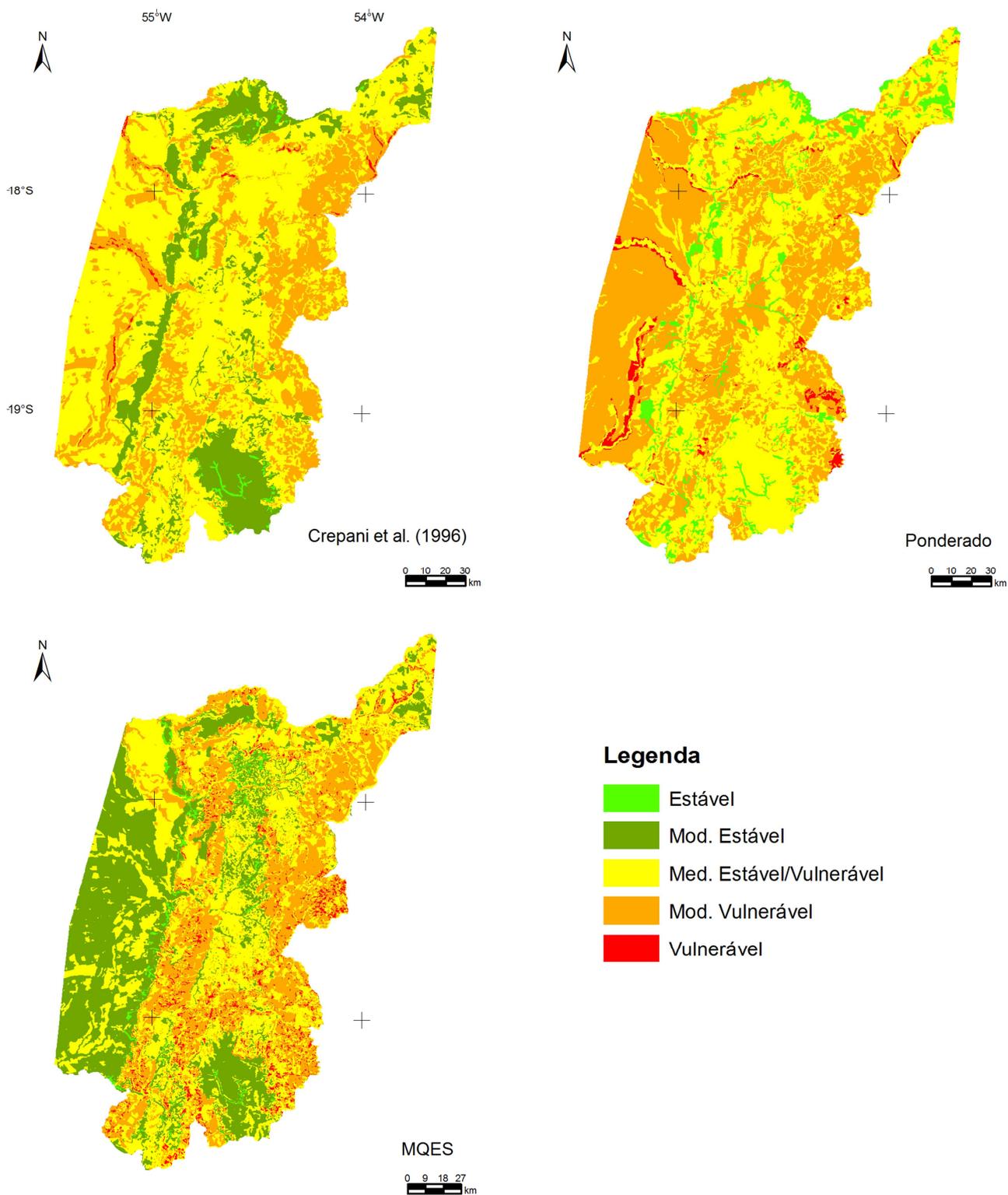


FIGURA 12. Vulnerabilidade natural resultante da aplicação dos três modelos.

No Planalto e Chapadão, as áreas de vulnerabilidade medianamente estável/vulnerável distribuem-se sobre o Chapadão do Rio Correntes e de forma longitudinal pelo Planalto, além das regiões de contato entre este e os Chapadões e a Serra de Maracaju.

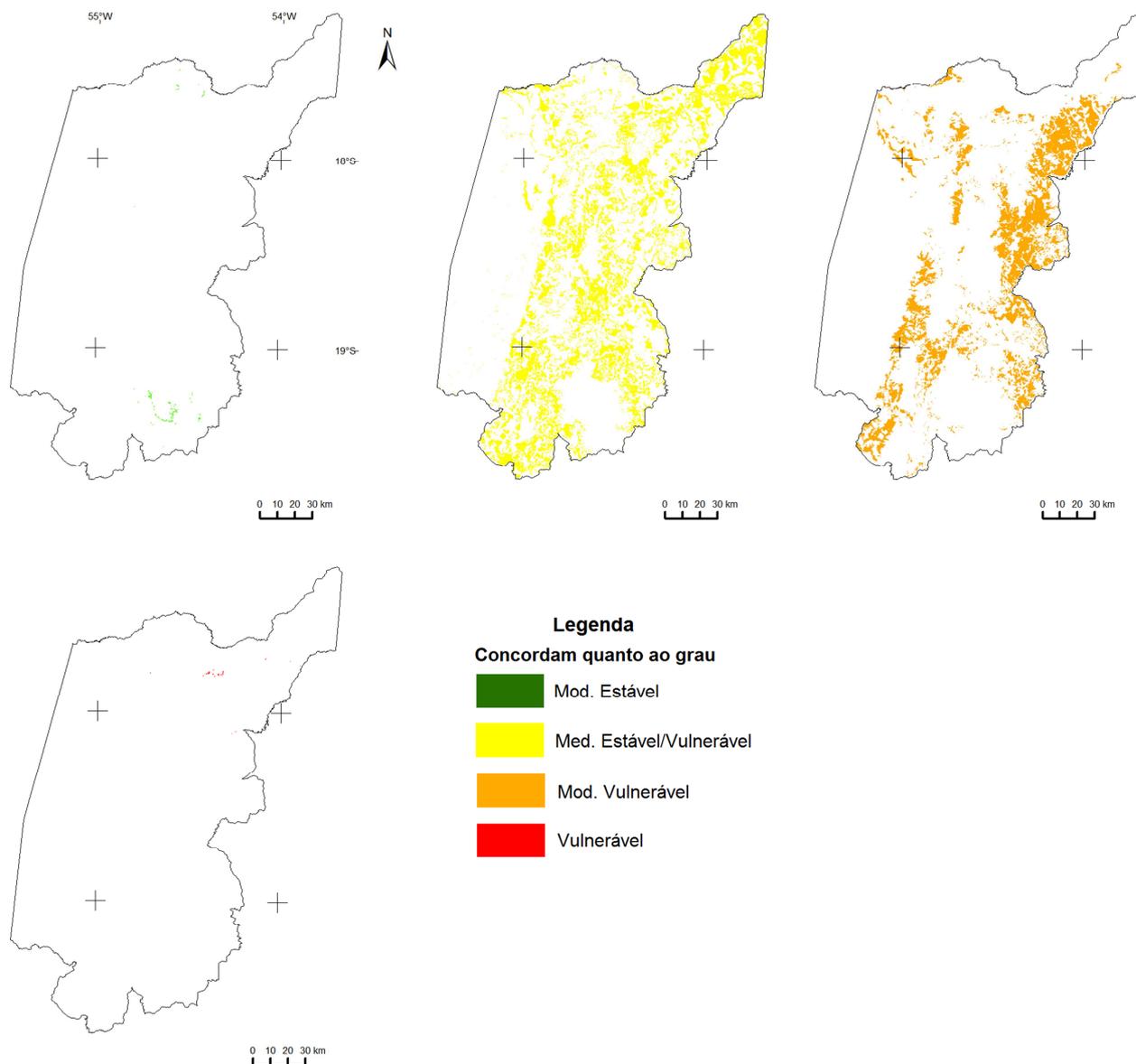


FIGURA 13. Concordância entre os três modelos quanto aos graus de vulnerabilidades presentes na área de estudo.

Toda esta área sustenta-se sobre arenitos, siltitos e argilitos. Estas rochas sedimentares apresentam baixa resistência à ação desagregadora dos agentes intemperizadores. A água, por exemplo, penetra entre os espaços das rochas ocasionando a dissolução e remoção de seus constituintes, favorecendo os processos de morfogênese. Entretanto, são áreas de relevos de baixa energia, pois possuem configuração pediplanada e de topo plano, cujas ordens de dissecação variam de 250 a 12.750 m e intensidades de aprofundamento das drenagens muito baixas. A declividade é menor do que 6% no Planalto e chega até a 20% nos reversos de *cuestas* e contatos com os Chapadões. Por toda a área espalha-se latossolo, desenvolvido e profundo. Estas regiões, deve-se

ressaltar, são ocupadas por atividades antrópicas, sendo a cobertura nativa reduzida a pequenas manchas de Cerradão. Neste tipo de cenário, predominância de pastagens, a interceptação das chuvas é menor, e, sobretudo, a concentração do escoamento é mais rápida, o que propicia a instalação de processos morfogênicos.

Quando se analisa a concordância dos métodos quanto ao grau moderadamente vulnerável, a concordância se dá em grande parte sobre os Planaltos, sustentados sobre arenitos, siltitos e argilitos. São áreas com declives suaves, baixa dissecação do relevo e aprofundamento da drenagem, nas quais se desenvolvem solos do tipo areias quartzosas. A cobertura é a de origem antrópica, destacando-se a pastagem. São áreas que não impedem ou dificultam o acesso e trabalho de maquinário agrícola, sendo que os fatores limitantes à sua ocupação referem-se às qualidades dos solos. A ocupação deste território susceptível, desde que não precedida de cautelas, pode ocasionar erosão do solo. Como exemplo, cita-se a região de Areado, distrito de São Gabriel do Oeste (figura 14). Nesta área a conversão da vegetação nativa em pastagem e o sobrepastoreio, aliados à vulnerabilidade natural, propiciam o aparecimento de ravinas pela abertura de caminhos e compactação do solo pelo pisoteio do gado, por exemplo. Destas ravinas e voçorocas derivam os sedimentos que assoreiam rios e riachos da região (figura 15).

Quanto às divergências, os critérios adotados para a valoração das classes dos fatores utilizados influenciam nos resultados observados. Por exemplo, o critério adotado para as notas do fator aptidão dos solos, leva em consideração, MQES principalmente, a susceptibilidade do solo à erosão. Os solos presentes na região do Pantanal apresentam baixa ou inexistente susceptibilidade à erosão e relevo plano, sendo o maior fator limitante de sua utilização o regime de inundação periódica de curta duração (PCBAP, 1997; Mato Grosso do Sul, 1990). Esta mesma limitação para Crepani *et al.* (2001), entretanto, classifica as áreas como muito instáveis ou vulneráveis, pois, apesar de planas, estão sob intensa morfodinâmica e os processos de morfogênese predominam sobre a pedogênese.



FIGURA 14. Área destinada à agropecuária no distrito de Areado (São Gabriel do Oeste), onde houve concordância entre os três modelos empregados. A atividade é exercida sobre areias quartzosas em relevo suave ondulado e arenitos da Formação Piramboia. Deve-se atentar que em 1996 a cobertura de solo era do tipo Cerrado Arborizado a qual, na época da foto, encontrava-se transformada em pastagens (São Gabriel do Oeste, 04 de agosto de 2009).



FIGURA 15. Assoreamento de riacho decorrente do mal uso de áreas naturalmente vulneráveis. Região próxima ao distrito de Areado (São Gabriel do Oeste, 04 de agosto de 2009).

Ainda sobre as divergências encontradas, quando se considera a forma de cálculo da vulnerabilidade, o modelo de Crepani *et al.* (1996) e o MQES consideram que a vulnerabilidade natural é resultante de uma média aritmética simples dos fatores analisados, ou seja, todos possuem o mesmo peso ou importância. Com a implementação da ponderação é possível realçar os fatores de maior relevância em uma determinada área. Neste estudo, a vegetação foi considerada como fator de maior relevância na participação dos processos de morfogênese e pedogênese, seguida pela geomorfologia, pela dinâmica e complexa relação existente entre o Planalto e a Planície.

No Chapadão de São Gabriel do Oeste é possível observar o comportamento das vulnerabilidades frente à diferença de pesos dos fatores. Em uma superfície pediplanada, sobre a Cobertura Detrito-laterítica Neogênica, desenvolvem-se latossolos vermelho-escuro. Quando se analisa este cenário, aliado ao clima, percebe-se que por um longo período estabeleceram-se condições que propiciaram a estabilidade do terreno. A região, por suas características e qualidades do solo, é largamente ocupada pelas atividades agropecuárias, ou seja, a cobertura existente é a proveniente das intervenções antrópicas. Mesmo com um substrato estável, a cobertura do solo ou a vegetação ainda exercem um papel importante na estabilidade. Fenômenos como o observado na figura 16 são decorrentes não apenas da vulnerabilidade intrínseca ao terreno, mas do manejo incorreto da cobertura do solo.



FIGURA 16. Voçoroca desenvolvida sobre solos maduros em área plana. A situação ilustra a importância da vegetação e práticas de manejo para a manutenção da estabilidade (Chapadão de São Gabriel, 05 de agosto de 2009).

Desta forma, quando se calcula a vulnerabilidade com uma média aritmética simples, o fator vegetação é “diluído” entre os demais e o grau de vulnerabilidade obtido, para o Chapadão de São Gabriel, por exemplo, é de moderadamente estável. Entretanto, ao se ponderar os fatores, a vegetação, ou sua baixa densidade, eleva o grau de vulnerabilidade a medianamente estável/vulnerável.

Ao analisarem-se os métodos, entende-se que o MQES condensa os dados e informações técnicas necessárias para a obtenção da vulnerabilidade. Utiliza, por exemplo, a aptidão dos solos, pois fornece informações sobre o tipo de solo, clima e relevo. Entretanto, utiliza em redundância o fator declividade, visto que este já é utilizado na determinação da aptidão dos solos, mesmo que com enfoque diferente (PCBAP, 1997; Mato Grosso do Sul, 1990). Assim, o MQES supervaloriza a importância de algumas feições e mascara a vulnerabilidade de outras, como o Pantanal.

Pelas observações dos trabalhos de campo, pode-se afirmar que o modelo Ponderado é o que mais se aproxima da realidade encontrada. A ponderação dos fatores permitiu analisar o conjunto de fatores que determinam a vulnerabilidade, tanto no Planalto quanto na Planície satisfatoriamente.

A vegetação tanto da Planície quanto do Planalto serve como frenador dos processos de produção e transporte de sedimentos. No planalto é o anteparo que minimiza a ação desagregadora das gotas de chuva, fornece material orgânico que forra o solo e permite a infiltração de água e diminui o escoamento superficial, além de ser barreira aos ventos e a radiação solar. Na Planície, além destas importantes funções, serve como filtro nas áreas inundadas (Casco *et al.*, 2005), retendo os sedimentos carregados do Planalto, fazendo parte das dinâmicas geomorfológicas. Por isso sua importância realçada.

Quanto à geomorfologia, considerou-se a dinâmica existente na Planície e a impossibilidade de dissociação entre esta e o Planalto. Deve-se considerar que a Planície é uma bacia de sedimentação aluvial ativa. O exemplo que pode ser ilustrativo deste constante processo de modificação da geomorfologia é o do rio Taquari. Neste rio, os processos de avulsão, ou seja, mudanças no curso do rio, tornaram e continuam a tornam áreas que antes raramente eram inundadas em inundáveis (Assine, 2009; Assine *et al.*, 2005; Zani & Assine, 2011). Estes fenômenos são decorrentes do aporte de sedimentos gerados por processos de erosão no Planalto. Os sedimentos transportados pelo rio são decantados na Planície devido ao baixo gradiente. Estes processos naturais têm sido acelerados pela crescente ocupação do Planalto pelas atividades antrópicas. Deve-se ressaltar, entretanto, que o exemplo dado é ilustrativo da dinâmica da Planície e não se aplica a porção do rio

Taquari na área de estudo, pois o rio encontra-se confinados em cinturões (Assine, 2009) dificultando grandes mudanças em seu traçado.

Por fim, recomenda-se, quando da utilização de ponderação dos fatores, que sejam realizados vários testes para a determinação dos pesos que aproximem o modelo mais próximo da realidade encontrada na área estudada.

CONCLUSÕES

O mapeamento qualitativo da vulnerabilidade é baseado em modelos, ou seja, representações simplificadas do meio. Estes modelos facilitam a compreensão do comportamento e funcionamento do ambiente mediante os estresses induzidos tanto por fatores antrópicos como naturais.

Mesmo as limitações na capacidade dos modelos, o que é natural de ser esperado por ser uma simplificação, não diminuem sua aplicabilidade e confiabilidade. A integração de dados proporcionados pelas geotecnologias a relativo baixo custo, com facilidade de implementação e possibilidade de adaptação a novos fatores, possibilitam o acompanhamento e monitoramento da evolução da vulnerabilidade. Esta maneira dinâmica de abarcar as vulnerabilidades naturais do meio possibilita a introdução de novos critérios na ordenação do território.

A adoção de pesos possibilitou maior concordância entre os modelos e a realidade encontrada no meio estudado. Novos experimentos, ponderações e introduções de fatores podem ser realizados buscando-se sempre a caracterização realística do meio.

Destaca-se que o mapeamento da vulnerabilidade natural não deve servir como subsídio ao posicionamento extremo de impedir qualquer ocupação do meio considerado vulnerável. Esta medida implicaria na renúncia de todo aproveitamento econômico dos recursos naturais existentes na área, o que é inadmissível para a economia dos municípios e dos estados. Entretanto, os resultados do mapeamento da vulnerabilidade natural servem como subsídio à tomada de decisões, indicando possíveis áreas para uma remodelação agropecuária, conservação da vegetação nativa,

reflorestamento, melhoramento de pastagem ou áreas que mais convenham para determinado uso, por exemplo.

Na área de estudo, o uso e ocupação de áreas vulneráveis sem a adoção de técnicas que visem diminuir os impactos decorrentes desta ocupação tendem a agravar e acelerar os processos naturais de morfogênese tanto no Planalto como na Planície.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à Prefeitura de São Gabriel do Oeste e à Cooperativa Agrícola pela estrutura e apoio fornecidos durante campo realizado naquela cidade. Agradecem também à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela bolsa de mestrado concedida a Erika Silva Moreira.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASSINE, M. L. *et al.* Compartimentação geomorfológica, processos de avulsão fluvial e mudanças de curso do Rio Taquari, Pantanal Mato-Grossense. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, n. 1, p. 97-108, 2005.

ASSINE, M. L. Taquari: um rio mutante. **Anais 2º Simpósio de Geotecnologias no Pantanal**, Embrapa Informática Agropecuária/INPE, p.1034-1040, nov. 2009.

BRASIL. Ministério das Minas e Energia. Projeto RADAMBRASIL. **Folha SE.21 Corumbá e parte da Folha SE.20**. Rio de Janeiro, 1982, p.161-224. (Levantamento de Recursos Naturais, 27).

BRIERLEY, G. J. Landscape memory: the imprint of the past on contemporary landscape forms and processes. **Area**, v. 42, n.1, p. 76-85, mar. 2010.

BRUNSDEN, D. A critical assessment of the sensitivity concept in geomorphology. **Catena**, v. 42, n. 2-4, p. 99-123, jan. 2001.

CASCO, S. L.; CHIOZZI, N. I. B.; NEIFF, J. J. La vegetación como indicador de la geomorfología fluvial. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, n. 1, p. 123-136, 2005.

COSTA, F. H. S. *et al.* Determinação da vulnerabilidade ambiental na Bacia Potiguar, região de Macau (RN), utilizando sistemas de informações geográficas. **Revista Brasileira de Cartografia**, n. 58/02, p. 119-127, ago. 2006.

CREPANI, E. *et al.* **Curso de sensoriamento remoto aplicado ao zoneamento ecológico-econômico**. São José dos Campos: INPE, 1996.

CREPANI, E. *et al.* **Sensoriamento remoto e geoprocessamento aplicados ao zoneamento ecológico- econômico e ao ordenamento territorial**. São José dos Campos: INPE, 2001.

EASTMAN, J. R. **Guide to GIS and image processing IDRIS Andes**. Clark University, p. 328. 2006.

ESRI. **Arcgis ArcMap version 9.3**. Environmental Systems Research Institute Inc., Redlands, California – EUA. 2008.

FURLAN, A.; BONOTTO, D. M.; GUMIERE, S. J. Development of environmental and natural vulnerability maps for Brazilian coastal at São Sebastião in São Paulo State. **Environmental Earth Science**, [2011], sem paginação. No prelo.

GRIGIO, A. M *et al.* Use of remote sensing and geographical information system in the determination of the natural and environmental vulnerability of the Guamaré municipal district – Rio Grande do Norte – northeast of Brazil. **Journal of Coastal Research**, special issue 39, p. 1427-1431, 2006.

HIGA, L. T. **Utilização de dados orbitais na implementação do modelo qualitativo da estabilidade dos solos**. Campo Grande, 2009. 69 p. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, Brasil.

KER, J. C. Latossolos do Brasil: uma revisão. **Geonomos**, v. 5, n. 1, p. 17-40, 1997.

LAL, R. Global potential of soil C sequestration to mitigate the greenhouse effect. **Critical Reviews in Plant Science**, v. 22, n. 2, p. 151-184, mar./apr., 2003.

LOSSARDO, L. F.; LORANDI, R. Caracterização das potencialidades e fragilidades ambientais do meio físico de parte do município de Santa Rita do Passa Quatro (SP). **Geociências**, UNESP, v. 29, n. 3, p. 389-399, 2010

MATO GROSSO DO SUL. Secretaria de Planejamento. **Atlas multirreferencial do Estado de Mato Grosso do Sul**. Campo Grande, SEPLAN, 28p., 1990.

MMA. Ministério do Meio Ambiente. **Mapas e Geoprocessamento**. Disponível em: <http://mapas.mma.gov.br/i3geo/datadownload.htm>. Acesso em 18 mar. 2009.

NOBRE, M. F.; GARCIA, J. Avaliação de três diferentes métodos de análise para a determinação da vulnerabilidade ambiental da bacia hidrográfica do Rio Corumbataí (SP). *Revista Brasileira de Cartografia*, n. 62/02, p. 169-179, jun. 2010.

OLIVEIRA, P. T. S. *et al.* Processo analítico hierárquico aplicado a vulnerabilidade natural a erosão. *Geociências*, UNESP, v. 28, n. 4, p. 417-424, 2009.

PCBAP. Plano de Conservação da Bacia do Alto Paraguai. Ministério do Meio Ambiente, dos Recursos Hídricos e da Amazônia Legal. **Plano de conservação da bacia do Alto Paraguai**. Volumes: I. 73 p. II, Tomos I e II-A, 334 p. e 386 p. Programa Nacional do Meio Ambiente – PNMA. 1997.

PCI. **PCI Geomatica version 10.1**. PCI Geomatics, Richmond Hill, Ontario - Canadá. 2007. 1 CD-ROM.

PIMENTEL, D. *et al.* Environmental and economic costs of soil erosion and conservation benefits. *Science*, v. 267, n. 5201, p. 1117-1123, feb. 1995.

RIBEIRO, F.L.; CAMPOS, S. Vulnerabilidade à erosão do solo na região do Alto Rio Pardo, Pardinho, SP. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.11, n. 6, p. 628-636, jul./ago. 2007.

ROSS, J. L. S. Análise empírica da fragilidade dos ambientes naturais e antropizados. *Revista do Departamento de Geografia*, FFLCH-USP, n.8, 1994.

SAATY, T. L. A scaling method for priorities in hierarchical structures. *Journal of Mathematical Psychology*, v. 15, n. 3, p. 234-281, jun. 1977.

THOMAS, M. F. Landscape sensitivity in time and space - an introduction. *Catena*, v. 42, n. 2-4, p. 83-98, jan. 2001.

TRICART, J. *Ecodinâmica*, Rio de Janeiro, IBGE SUPREN, 91 p., 1977.

WISCHMEIER, W. H.; SMITH, D. D. **Predicting rainfall erosion losses: a guide to conservation planning**. Agriculture Handbook, n. 537, 69 p. 1978.

ZANI, H.; ASSINE, L. M. Paleocanais no megaleque do rio Taquari: mapeamento e significado geomorfológico. **Revista Brasileira de Geociências**, v. 41, n.1, p. 37-43, mar. 2011.

5 MONITORAMENTO DO DESMATAMENTO EM UNIDADES DE CONSERVAÇÃO E EM SUAS ÁREAS CIRCUNDANTES – ESTUDO DE CASO EM QUATRO UNIDADES DE MATO GROSSO DO SUL (MS).

Artigo a ser submetido à revista Geociências da Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho (UNESP), cujas normas encontram-se em ANEXO.

MONITORAMENTO DO DESMATAMENTO EM UNIDADES DE CONSERVAÇÃO E EM SUAS ÁREAS CIRCUNDANTES – ESTUDO DE CASO EM QUATRO UNIDADES DE MATO GROSSO DO SUL (MS)

Erika Silva Moreira¹
Antonio Conceição Paranhos Filho¹

(1) Laboratório de Geoprocessamento para Aplicações Ambientais, Departamento de Hidráulica e Transportes. Centro de Ciências Exatas e Tecnologia, Universidade Federal de Mato Grosso do Sul. Campus Universitário, s/n°. Caixa Postal 549. CEP 79070-900. Campo Grande, MS. Endereços eletrônicos: engenheiraambiental@gmail.com; antonio.paranhos@pq.cnpq.br.

RESUMO - Este artigo analisa o desmatamento ocorrido em quatro unidades de conservação e em suas áreas circundantes num raio de 10 km. Para tanto se utilizou a conjugação dos métodos de diferença de índices de vegetação e comparação pós-classificação. A mudança na cobertura do solo, no entorno das áreas protegidas, afeta os processos ecológicos e a biodiversidade dentro das unidades. Esta troca negativa entre a unidade e suas áreas contíguas acontece através da fragmentação da vegetação, caça, introdução de espécies exóticas e.g. Os resultados obtidos indicam que apenas a proteção legal não garante a eficiência das unidades em preservar a biodiversidade. Isto por que, em todas as unidades estudadas, mesmo nas ditas de proteção integral, houve desmatamento. O mesmo cenário repetiu-se nas as áreas circundantes.

Palavras-chave: detecção de mudança; áreas protegidas; geotecnologias.

ABSTRACT – *E. S. Moreira, A. C. Paranhos Filho – Deforestation monitoring in conservation units and their surroundings - case study of four units in Mato Grosso do Sul state.* This paper analyses the deforestation occurred in four conservation units and their surrounding areas in a 10km ratio. To this goal has been used the join of the methods of the difference of vegetation indexes and comparison post-classification. The change in the land cover at the surrounding area of the protected areas also affected the ecological processes and the biodiversity inside the conservation units. This negative change between the conservation unit and its surrounding areas happens through the fragmentation of the vegetal cover, hunting, exotic species introduction. The results achieved in this study indicate that only the legal protection is not a guarantee of efficiency of the units in the preservation of the biodiversity. This thus in every studied unit, even those called full protection, has been observed deforestation activity. The same thing has been observed in the surrounding areas.

Key-words: change detection, protected areas, geotechnologies.

INTRODUÇÃO

Unidades de conservação (UC) são espaços territoriais onde populações e espécies ameaçadas podem persistir, assim como os processos biológicos de comunidades e ecossistemas (Wiens *et al.*, 2009). Tais áreas ajudam a preservar a biodiversidade através da limitação legal do uso dos recursos naturais do meio protegido.

Apesar das restrições, muitas unidades de conservação ainda sofrem com pressões antrópicas advindas da expansão do uso e ocupação em suas áreas contíguas. Isto por que, segundo Hansen & DeFries (2007), as unidades continuam a funcionar como parte de um ecossistema maior. Se há mudança no uso ou cobertura do solo nas áreas adjacentes, funções do ecossistema e a própria biodiversidade dentro das unidades são afetadas de forma negativa (Pinheiro & Durigan, 2009). Desta forma, a simples criação de limites administrativos e legais não criam muros ao redor de áreas protegidas.

Não é claro quão protegidas as unidades de conservação são, visto a escassez de estudos relativos às degradações ocorridas após sua criação. A análise das condições dentro e fora das áreas protegidas antes e após sua instituição provê informações para a gestão e tomada de decisões, necessárias para a efetiva proteção da biodiversidade (Liu *et al.*, 2001; Kremen, 1994).

O monitoramento de eficiência das unidades requer a aquisição periódica de dados e métodos que possam ser facilmente repetidos para uma estimativa consistente e comparável das mudanças ocorridas ao longo dos anos. Além disto, os métodos devem ser flexíveis e capazes de agrupar múltiplos objetivos. Estas necessidades são sanadas com a utilização das geotecnologias.

As geotecnologias possibilitam medidas consistentes das condições das unidades e áreas circundantes, possibilitando a detecção de mudanças, sejam elas lentas ou abruptas. Esta detecção e caracterização possibilitam aos responsáveis monitorar áreas extensas, incluindo as de difícil acesso, com custos relativamente aceitáveis.

Assim, este artigo tem como objetivo avaliar um dos indicadores das condições das unidades de conservação e suas áreas circundantes, a mudança da cobertura do solo, utilizando das geotecnologias disponíveis. Isto por que esta mudança influencia de todas as maneiras os fenômenos ecológicos dentro e fora das áreas protegidas, através da fragmentação da paisagem e o efeito de borda resultante, invasão de espécies exóticas e instabilidade dos solos, por exemplo. Para tanto, dois métodos conjugados foram utilizados para a detecção da mudança de cobertura: diferença de índices de vegetação e comparação pós-classificação.

MATERIAIS E MÉTODOS

ÁREA DE ESTUDO

Estudaram-se quatro unidades de conservação localizadas no Centro Norte do Estado de Mato Grosso do Sul, em área de domínio do Cerrado. Foram selecionadas, devido à conversão da vegetação nativa de seus interiores e arredores em pastagens, culturas e em outros ecossistemas antrópicos ser claramente visível em imagens de sensoriamento remoto. Na figura 1, é possível observar todas as unidades de conservação identificadas pelo Instituto de Meio Ambiente do Mato Grosso do Sul (IMASUL) para o Estado e, em destaque, as unidades escolhidas para este estudo.

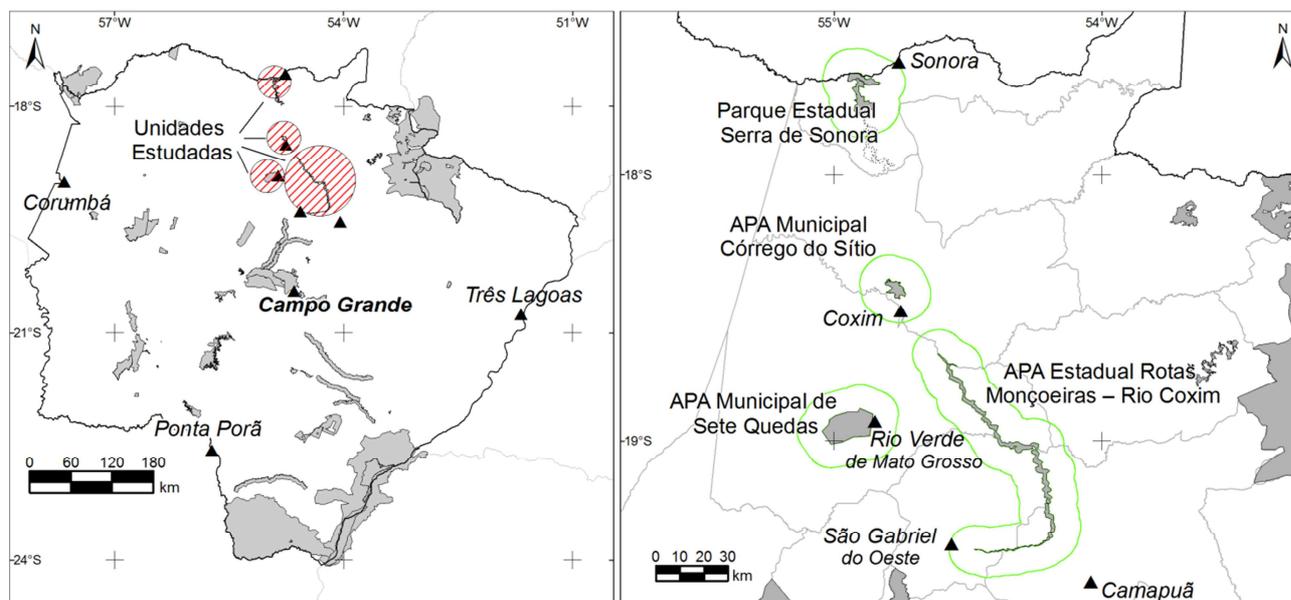


FIGURA 1. Unidades de conservação do Estado de Mato Grosso do Sul (IMASUL, 2010a). Em destaque as unidades estudadas. As áreas circundantes aparecem em verde.

As unidades se dividem entre duas categorias, sendo elas: Parque e Área de Proteção Ambiental. O Parque Estadual da Serra de Sonora, criado em 2001, situa-se no Município de Sonora, limite entre o Planalto Taquari- Itiquira e o Pantanal sul-matogrossense. Criada por meio de compensação ambiental pela instalação da usina hidrelétrica Ponte de Pedra (IMASUL, 2010b), no rio Correntes, possui 7.913 hectares, predominantemente cobertos por cerrado arborizado e matas.

A APA Municipal Córrego do Sítio situa-se próximo à sede do Município de Coxim e possui área de 3.105 hectares. A vegetação típica presente é a de cerrado arborizado. A APA Municipal de Sete Quedas localiza-se no Município de Rio Verde de Mato Grosso. Abrange uma área de 18.825 hectares. Possui importância no turismo do Município e do Estado por abrigar um conjunto de cachoeiras, entre elas a que dá nome à APA e balneários. A vegetação nativa distribui-se em fragmentos de cerradão, cerrado e campo cerrado.

A APA Estadual Rotas Monçoeiras – Rio Coxim estende-se por São Gabriel do Oeste, Camapuã, Coxim e Rio Verde de Mato Grosso. A APA protege o rio Coxim, grande potencial ecoturístico da região, contando com atrativos culturais, históricos, étnicos e naturais (Mato Grosso do Sul, 2000). O rio corta a região cercada por paredões de arenito, encontrando por seu caminho cachoeiras e corredeiras. Possui também em sua área sítios arqueológicos em que se encontram pinturas rupestres datadas em aproximadamente 10 mil anos B.P. (IMASUL, 2010c).

Estas unidades encontram-se em importantes bacias hidrográficas do Estado. Muitos dos rios que possuem suas nascentes nestes territórios protegidos, ou que por elas correm, drenam em direção a Planície Pantaneira, contribuindo para o transporte de sedimentos para esta bacia de acumulação.

AQUISIÇÃO E REGISTRO DAS IMAGENS

Dois pares principais de imagens Landsat 5, sensor TM, foram utilizados para a determinação da mudança da cobertura do solo nas unidades de conservação estudadas e em suas áreas circundantes num raio de 10 km. Imagens adicionais Landsat ETM+ ortorretificadas serviram como referência no registro das imagens principais (tabela 1).

Tabela 1. Imagens Landsat utilizadas.

Principais			Auxiliares		
Satélite	Órbita/Ponto	Data de Aquisição	Satélite	Órbita/Ponto	Data de Aquisição
Landsat 5 TM	225/72	09/08/2001	Landsat 7 ETM+	225/72	20/07/2000
Landsat 5 TM	225/72	12/08/2008			
Landsat 5 TM	225/73	20/08/1999	Landsat 7 ETM+	225/73	17/08/2001
Landsat 5 TM	225/73	28/08/2008			

As imagens foram escolhidas de tal forma que retratassem a cobertura do solo na época mais próxima da criação das unidades de conservação e a situação atual desta cobertura. As datas de criação das unidades são apresentadas na tabela 2.

Tabela 2. Data de criação das Unidades de Conservação e instrumentos legais de sua instituição.

Unidade de Conservação	Ano de Criação	Instrumento Legal
Parque Estadual da Serra de Sonora	2001	Decreto Estadual n.º 10.513
APA Municipal Córrego do Sítio	2002	Decreto Municipal n.º 587
APA Municipal de Sete Quedas	2005	Decreto Municipal n.º 800
APA Estadual Rotas Monçoeiras – Rio Coxim	2000	Decreto Estadual n.º 9.934

A fim de se evitar os efeitos da fenologia, diferenças na inclinação solar e a presença de cobertura de nuvens, escolheram-se os pares de imagens cujas datas de aquisição fossem as mais próximas possíveis disponíveis para a estação seca.

As imagens auxiliares serviram como referência para o registro das imagens principais. Para o registro de cada imagem utilizaram-se de pelo menos 70 pontos distribuídos de forma a cobrir toda a extensão da área imageada. O método de reamostragem utilizado foi a do vizinho mais próximo. O erro médio quadrático obtido para cada registro ficou entre 0,5 e 0,6 *pixel*. Para esta etapa do processamento das imagens utilizou-se o programa Erdas (ERDAS, 1999).

As imagens principais foram obtidas da página da *internet* do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), com projeção UTM, zona 21, WGS 84, em formato *geotiff*. As imagens auxiliares foram obtidas do sítio na *internet* do Centro *Global Land Cover Facility* (GLCF), com projeção UTM, zona 21, WGS 84, em formato *geotiff*.

CORREÇÃO ATMOSFÉRICA

Para a caracterização espectral de objetos presentes nas imagens orbitais, e obtenção dos índices de vegetação, é necessária a conversão dos números digitais (ND) para valores físicos de refletância. Para se obter a refletância ou Fator de Refletância Bidirecional – FRB (Ponzoni & Dos Santos, 2008) de superfície é necessária a eliminação dos efeitos da atmosfera. Para tanto, neste trabalho, adotou-se como método de correção atmosférica absoluta o proposto por Chavez (1996), denominado COST (*Cosine of the Solar Zenith Angle Correction*), DOS melhorado ou DOS2 (Pax-Lenney *et al.*, 2001; Song *et al.*, 2001), uma vez que deriva do método DOS (*Dark-Object Extraction*) (Chavez, 1988). O modelo foi implementado utilizando-se o módulo *Model Maker* do programa Erdas (ERDAS, 1999) e planilha eletrônica. O método COST não utiliza parâmetros adicionais além daqueles da própria imagem e é capaz de aproximar os efeitos atmosféricos de absorção e dispersão de Rayleigh baseado no ângulo zenital.

A conversão dos números digitais para refletância de superfície pode ser escrita como (equação 1):

$$Ref_{\lambda} = \frac{d^2 \cdot \pi \cdot (L_{\lambda} - L_{haze\lambda})}{E_{sun\lambda} \cdot \cos^2\theta} \quad (1)$$

Onde: (Ref_{λ}) FRB de superfície [adimensional] para a banda λ ; (d) distância Terra-Sol [unidades astronômicas]; (L_{λ}) radiância espectral na abertura do sensor [(W/m².sr.μm)] para a banda λ ; ($L_{haze\lambda}$) radiância de bruma corrigida [(W/m².sr.μm)] para a banda λ ; ($E_{sun\lambda}$) irradiância média exoatmosférica [(W/m².sr.μm)] para a banda λ ; (θ) Ângulo solar zenital (graus ou radianos para o processamento de imagem).

Os valores da distância Terra-Sol no dia da aquisição da imagem foram obtidos de Chander *et al.* (2009), assim como a irradiância média exoatmosférica. O ângulo zenital pode ser calculado como (90° - elevação solar), sendo a elevação solar obtida no ato de obtenção das imagens no *site* do INPE.

A radiância espectral na abertura do sensor é calculada da seguinte forma (equação 2):

$$L_{\lambda} = G_{rescale\lambda} \cdot Q_{cal\lambda} + B_{rescale\lambda} \quad (2)$$

Onde: ($G_{rescale}$) ganho de calibração absoluto [(W/(m².sr.µm))/ND] para a banda λ ; ($B_{rescale}$) deslocamento de calibração absoluto [W/(m².sr.µm)] para a banda λ e ($Q_{cal\lambda}$) valor quantizado do pixel [ND] para a banda λ . Os valores de $G_{rescale}$ e $B_{rescale}$ podem ser obtidos do cabeçalho da imagem no ato de sua aquisição ou em Chandera *et al.* (2009).

Segundo Mahiny & Turner (2007) e Song *et al.* (2001) a radiância de bruma corrigida pode ser obtida pela seguinte equação (3):

$$L_{haze\lambda} = (G_{rescale\lambda} \cdot Q_{calmin\lambda} + B_{rescale\lambda}) - \left(\frac{0,01 \cdot E_{sun\lambda} \cdot \cos\theta^2}{\pi d^2} \right) \quad (3)$$

Sendo ($Q_{calmin\lambda}$) o mínimo ND representativo de bruma. Pode ser obtido observando áreas de refletância zero admitidas no infravermelho ótico, como corpos d'água ou sombras na imagem. Qualquer valor diferente de zero nestas áreas representa o efeito da bruma.

Os valores das refletâncias de superfície gerados estão em um intervalo que varia de aproximadamente $\pm (1,2 \cdot 10^{-38}$ a $3,4 \cdot 10^{38}$). Desta forma, as imagens corrigidas atmosféricamente podem ser comprimidas em um intervalo de 0 a 255 (imagens de 8-bit) a fim de se economizar espaço em seu armazenamento.

Após a conversão dos valores do ND em refletância de superfície é possível extrair e comparar informações das diferentes bandas de um mesmo sensor ou de diferentes sensores, pois estão em uma mesma escala radiométrica (Ponzoni & Shimabukuro, 2007).

NORMALIZED DIFFERENCE VEGETATION INDEX (NDVI)

O Índice de Vegetação da Diferença Normalizada (ou NDVI no acrônimo em inglês), definido na equação 4, tem sido amplamente utilizado no monitoramento de mudanças temporais associadas a vegetação como pode ser observado e confirmado nos trabalhos de Lyon *et al.* (1998); Hansen *et al.* (2000); Huete *et al.* (2002); Petrorrelli *et al.* (2005); Rosembach *et al.* (2010) e Kleynhans *et al.* (2011).

$$NDVI = \frac{FRB_{IVP} - FRB_V}{FRB_{IVP} + FRB_V} \quad (4)$$

Onde: (FRB_{IVP}) representa a refletância de superfície na região espectral do infravermelho próximo e (FRB_V) a refletância de superfície no vermelho.

Os valores do NDVI variam de -1 a +1, sendo que áreas com ausência de vegetação correspondem ao valor negativo e áreas densamente vegetadas ou vegetação mais vigorosa alcançam valores próximos a 1. Isto se deve a alta refletância da vegetação no infravermelho próximo e baixa no visível (vermelho) elevando os valores do NDVI. Rochas e solos, por sua vez, possuem refletâncias similares nas duas bandas, resultando no índice de vegetação próximo à zero. Nuvens, água e neve possuem refletância maior na banda visível do que no infravermelho próximo, culminando em valores negativos do NDVI (Lillesand *et al.*, 2004).

Extraíu-se o NDVI das imagens em refletância de superfície, dos anos de 1999, 2001 e 2008, no programa Erdas (ERDAS, 1999) por meio da razão entre bandas. Desta forma, geraram-se imagens-índice para cada ano analisado.

DETECÇÃO DE MUDANÇA

Para a detecção de mudança da cobertura do solo das unidades de conservação estudadas e suas áreas circundantes, utilizou-se a combinação de dois métodos: diferença dos índices de vegetação e comparação de duas classificações de cobertura independentes. A diferença de índices indica as áreas em que houve mudança (com/sem), enquanto que a comparação pós-classificação determina o tipo de mudança ocorrida (de/para).

Após a obtenção das imagens-índice, procedeu-se a subtração das imagens correspondentes ao antes e ao depois da criação das unidades de conservação. Para poder separar as áreas de mudança de cobertura na imagem-diferença gerada, é necessária a determinação de um limiar. A partir deste limiar, as áreas de mudança são indicadas seja pela diferença percentual ou de um valor entre as imagens de antes e depois.

O valor do limiar pode ser determinado estatisticamente ou empiricamente. Neste trabalho, os valores foram derivados da análise do histograma das imagens-diferença. Estas imagens possuem distribuição normal de seu histograma, assim, os *pixels* em que não existiram mudanças serão distribuídos ao redor da média, enquanto que os *pixels* de mudança estarão dispostos nas caudas da distribuição (Singh, 1989).

Juntamente com as imagens-diferença, o programa Erdas (ERDAS, 1999) gera uma imagem temática em que as classes de mudança (sem mudança, aumento, algum aumento, decréscimo e algum decréscimo) são destacadas. As imagens temáticas resultantes foram rearranjadas em máscaras binárias consistindo em áreas em que houve ou não decréscimo entre os anos comparados. A máscara de mudança foi então sobreposta às imagens refletância dos anos em análise. Somente os *pixels* de mudança foram classificados.

Para a classificação utilizou-se do método automático supervisionado, algoritmo de máxima verossimilhança e chave de classificação proposta por Paranhos Filho *et al.* (2006). Ressalta-se que a etapa de treinamento do sistema e a aquisição do conjunto de assinaturas espectrais, requeridas para a classificação, foram realizadas para as imagens em refletância de superfície inteiras. Isto para diminuir a possibilidade de confusão espectral entre as classes de cobertura. Entretanto, a classificação em si somente foi realizada nas áreas em que houve mudança. As classes de cobertura utilizadas e sua descrição são listadas na tabela 3.

Tabela 3. Classes de cobertura utilizadas para a classificação.

Classes de cobertura	Descrição
Áreas Urbanas	Padrão urbano contínuo e descontínuo
Pastagens e culturas	Campos ou pastagens, naturais e antrópicas, e culturas, temporárias e permanentes
Vegetação arbóreo-arbustiva	Florestas, cerradão, reflorestamento e cerrado <i>stricto sensu</i>
Corpos, cursos d'água e áreas úmidas	Rios, reservatórios, lagos e brejos
Descoberto	Afloramento rochoso ou substrato aparente, áreas de vegetação rala e ainda de queimadas

Uma comparação pós-classificação foi então executada possibilitando conhecer os tipos de mudanças ocorridas no período em análise. O tipo de mudança de interesse analisado neste trabalho é a conversão da vegetação nativa de porte arbóreo e arbustivo em pastagens ou culturas, ou seja, no

desmatamento. Ressalta-se que a inclusão de fitofisionomias de porte arbustivo quanto ao desmatamento é uma simplificação do termo.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A análise das mudanças ocorridas durante os sete anos transcorridos após a criação das unidades de conservação revelaram a conversão de vegetação nativa de porte arbustivo e arbóreo em pastagem ou terras aráveis tanto em seus entornos quanto dentro das unidades de conservação (figura 2 e figura 3).

Mesmo no Parque Estadual da Serra de Sonora, unidade de proteção integral, houve a perda de 158,85 ha para as pastagens e culturas, ou seja, 2,01% de sua área total de 7.913 ha. Na área circundante por sua vez, as pastagens e culturas tomaram 3.051,2675 ha. Além da ampliação das atividades de agropecuária, houve a criação de corpo d'água referente à instalação da usina hidrelétrica Ponte de Pedra, localizada no Rio Correntes, divisa dos Estados de Mato Grosso do Sul e Mato Grosso. Foram inundados cerca de 447 ha, sendo que, destes, 213 ha referem-se à vegetação arbórea e arbustiva.

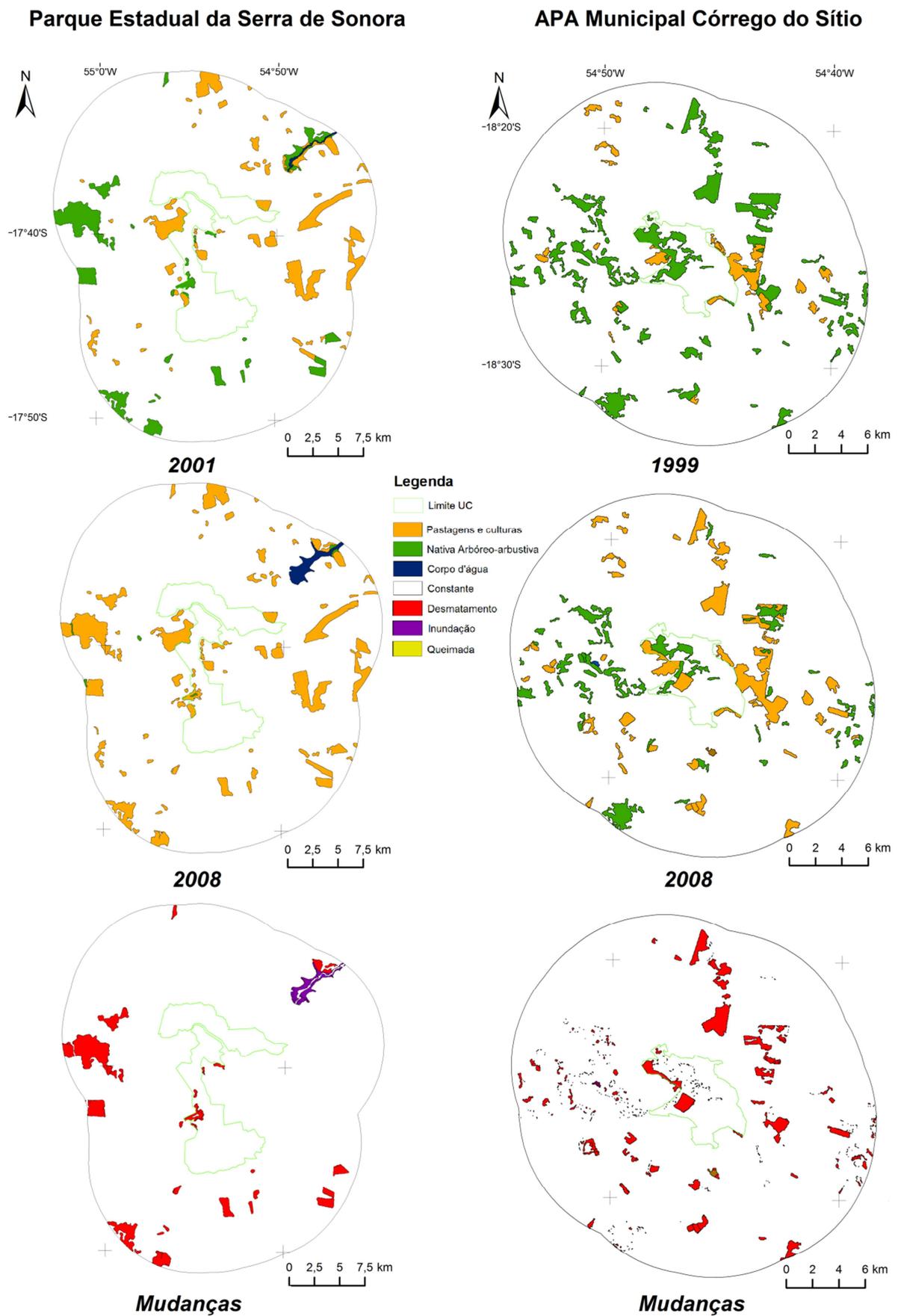


FIGURA 2. Cobertura do solo para as unidades de conservação Parque Estadual Serra de Sonora e APA Municipal Córrego do Sítio para os anos de 1999, 2001 e 2008. Mudanças da cobertura do solo nas unidades ocorridas entre os períodos analisados.

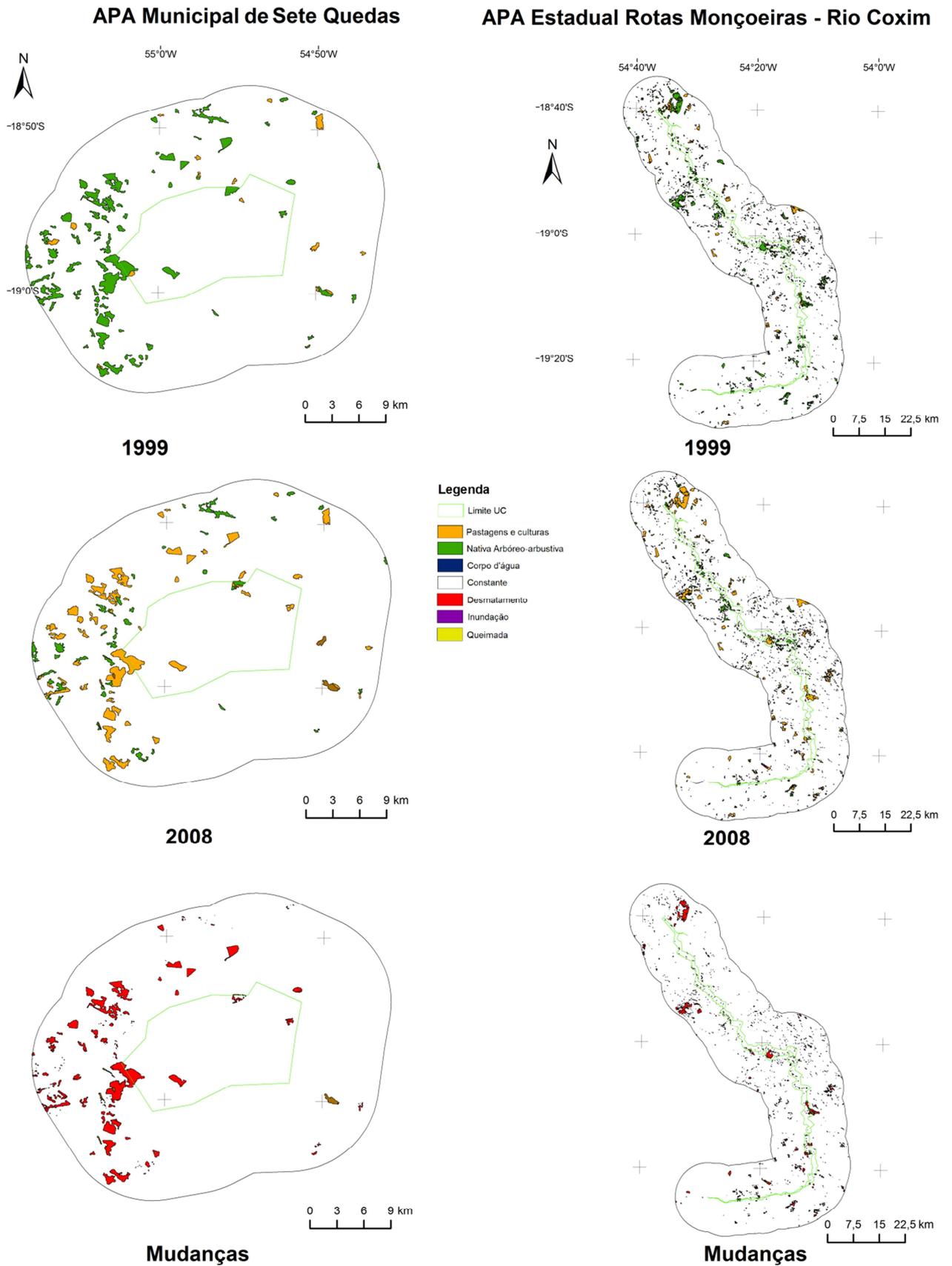


FIGURA 3. Cobertura do solo para as unidades de conservação APA Municipal de Sete Quedas e APA Estadual Rotas Monçoeiras – Rio Coxim para os anos de 1999 e 2008. Mudanças da cobertura do solo nas unidades ocorridas entre os períodos analisados.

Nas unidades de conservação da categoria de APA houve aumento do desmatamento (tabela 4). No interior da APA Municipal Córrego do Sítio, 9,09% da vegetação arbórea e arbustiva foram convertidas em campos e culturas. O desmatamento de suas áreas contíguas atingiram 2.539,29 hectares. Quanto à APA Municipal de Sete Quedas, 3,09% de sua vegetação nativa densa foram convertidas em vegetação herbácea e culturas agrícolas dentro do limite a APA. Em suas áreas contíguas cerca de 2.540 ha sofreram a mesma transformação. A APA Estadual Rotas Monçoeiras – Rio Coxim perdeu, no intervalo de nove anos analisado, 3,68% de sua vegetação densa. A sua extensa área circundante teve queda de 4.654,24 ha de vegetação arbórea e arbustiva.

Tabela 4. Conversão da vegetação densa nas APA analisadas.

Áreas de Proteção Ambiental	Perda de vegetação nativa arbórea e arbustiva (ha)		Total (ha)
	Interior da unidade	Área circundante	
Municipal Córrego do Sítio	282,78	2.307,78	2590,56
Municipal de Sete Quedas	581,73	2.539,29	3121,02
Estadual Rotas Monçoeiras – Rio Coxim	633,52	4.654,24	5287,76

Analisando-se os resultados, deve-se considerar que a legislação brasileira prevê a coexistência da ocupação antrópica com as unidades de conservação, visto adotar o conceito de desenvolvimento sustentável (Teixeira, 2005). Ou seja, a conservação da biodiversidade aliada ao desenvolvimento econômico viável e social justo. A ocupação, entretanto, deve ser compatível com os objetivos das áreas protegidas.

Pela legislação brasileira, as restrições legais referentes às unidades dependem do tipo de UC, sendo permitido apenas uso indireto dos seus recursos naturais, em se tratando de Unidades de Proteção Integral, ou o uso sustentável de parcela dos seus recursos quando Unidades de Uso Sustentável (Brasil, 2000). Na área de estudo observou-se, contudo que mesmo as áreas protegidas integralmente não se mantiveram ilesas quanto à pressão antrópica.

Vale ressaltar que as áreas circundantes são de domínio particular, da mesma maneira como as APA podem ser. Assim sendo, as limitações às atividades exercidas em suas áreas e zonas contíguas não podem infringir o direito à propriedade (Machado, 2009). Este fato deve ser levado em consideração quando se analisam os resultados da taxa de desmatamento destas regiões. Neste

caso, seriam esperadas as expansões das atividades antrópicas nas UC de uso sustentável em áreas limítrofes, visto serem áreas já modificadas antropicamente. Contudo, esta difusão deveria ser contida pela presença de limites legais.

Os Parques, por sua vez, são de posse e domínio públicos. A perda de vegetação nativa está em desacordo com os objetivos da unidade de proteção, ou seja, manutenção dos ecossistemas livres das alterações antrópicas. Mesmo que o plano de manejo esteja ausente, caso de todas as unidades aqui estudadas, as atividades desenvolvidas nas unidades de conservação devem restringir-se àquelas que garantam a integridade dos recursos que a unidade protege (Brasil, 2000).

Com relação aos métodos utilizados para a determinação da mudança de cobertura, a combinação mostrou-se necessária neste caso, quando da quantificação e qualificação das mudanças. Isto por que, as imagens-diferença dos índices analisados captam mudanças entre uma mesma classe de cobertura. Por exemplo, diferenças entre tipos de cultura (de soja para cana-de-açúcar) ou estágios de crescimento das plantas entre as duas datas analisadas. Cita-se, como exemplo, a área de entorno do Parque Estadual da Serra de Sonora localizada no Planalto. Esta região tem sido ocupada pela agricultura, como plantações de cana-de-açúcar. Para os objetivos deste trabalho, estes tipos de mudança não foram analisados.

Outra ressalva a se fazer é sobre a classe de cobertura queimada. Não é possível afirmar se as queimadas ocorridas em 2008 são decorrentes de processos de desmatamento ou que as áreas queimadas tornaram-se campos, pois seria necessária análise de imagens após 2008, o que fugiria do objetivo deste trabalho.

CONCLUSÕES

Apenas a criação de “unidades de papel” não blindam contra nem repelem as pressões antrópicas exercidas sobre áreas acolhedoras de processos biológicos e biodiversidade ameaçada. A eficiência das unidades somente é alcançada pelo monitoramento e avaliação constante. Isto por que, o monitoramento e a avaliação permitem a determinação de políticas e ações a serem tomadas, como

aumento de recursos financeiros, demarcação de limites e fiscalização, caso haja falha em alcançar os objetivos traçados para as áreas protegidas.

O uso adequado das geotecnologias habilita a aquisição de dados e informações necessárias ao monitoramento das unidades de conservação. Possibilitam a replicação de métodos e análises multitemporais de forma objetiva, rápida e com relativo baixo custo. Os métodos aqui aplicados consumiram menor tempo e volume de dados do que tomariam somente a comparação pós-classificação.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela bolsa de mestrado concedida a Erika Silva Moreira.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BRASIL. Lei n.º 9.985, de 18 de julho de 2000. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Poder Executivo, Brasília, DF, 19 jul. 2000, p. 45-47.

CHANDERA, G.; MARKHAMB, B. L.; HELDERC, D. L. Summary of current radiometric calibration coefficients for Landsat MSS, TM, ETM+, and EO-1 ALI sensors. **Remote Sensing of Environment**, v. 113, n. 5, p. 893 - 903, may 2009.

CHAVEZ, P. S. Jr. An improved dark-object subtraction technique for atmospheric scattering correction of multispectral data. **Remote Sensing of Environment**, v. 24, n. 3, p. 459 - 479, apr. 1988.

CHAVEZ, P. S. Jr. Image-based atmospheric corrections - revisited and improved. **Photogrammetric Engineering & Remote Sensing**, v. 62, n. 9, p. 1025-1036, sep. 1996.

ERDAS, Inc. **Erdas Imagine 8.4**. LEICA Geosystems Geospatial Imagine, LCC. Atlanta – Geórgia. 1999. 1 CDROM.

HANSEN, A. J.; DEFRIES, R. Ecological mechanisms linking protected areas to surrounding lands. **Ecological Applications**, v. 17, n. 4, p. 974-988, june 2007.

HANSEN, M.C. *et al.* Global land cover classification at 1 km spatial resolution using a classification tree approach. **International Journal of Remote Sensing**, v. 21, n. 6 & 7, p. 1331-1364, 2000.

HUETE, A. *et al.* Overview of the radiometric and biophysical performance of the MODIS vegetation indices. **Remote Sensing of Environment**, v. 83, n. 1-2, p. 195-213, nov. 2002.

IMASUL (a). Instituto de Meio Ambiente do Mato Grosso do Sul. Sistema Interativo de Suporte ao Licenciamento Ambiental. Download de dados complementares. **Unidades de Conservação em MS**. 2010. Disponível em: <http://sisla.imasul.ms.gov.br/Downloads/dados_complementares/>. Acesso em: 10 jun. 2010.

IMASUL (b). Instituto de Meio Ambiente do Mato Grosso do Sul. **Parque Estadual da Serra de Sonora**. Disponível em: <<http://www.imasul.ms.gov.br/Ucs/sonora.php>>. Acesso em: 28 jun. 2010.

IMASUL (c). Instituto de Meio Ambiente do Mato Grosso do Sul. **APA Estadual Rio Cênico Rotas Monçoeiras - Rio Coxim**. Disponível em: <<http://www.imasul.ms.gov.br/Ucs/riocoxim.php>>. Acesso em: 28 jun. 2010.

KLEYNHANS, J. C. *et al.* Detecting land cover change using an extended Kalman filter on MODIS NDVI time-series data. **Geoscience and Remote Sensing Letters, IEEE**, v. 8, n. 3, may 2011(No prelo).

KREMEN, C.; MERENLENDER, A. M.; MURPHY, D. D. Ecological monitoring: a vital need for integrated conservation and development programs in the tropics. **Conservation Biology**, v. 8, n. 2, p. 388-397, june 1994.

LILLESAND, T. M.; KIEFER, R. W.; CHIPMAN, J. W. **Remote sensing and image interpretation**. John Wiley & Sons, 5th Ed., 763 p., 2004.

LIU, J. *et al.* Ecological degradation in protected areas: The case of Wolong Nature Reserve for Giant Pandas. **Science**, v. 292, n. 98, p. 98-101, 2001.

LYON, J. G. *et al.* A change detection experiment using vegetation indices. **Photogrammetric Engineering & Remote Sensing**, v. 64, n. 2, p. 143-150, feb. 1998.

MACHADO, P. A. L. **Direito Ambiental Brasileiro**. Malheiros Editores, São Paulo. 17^a Ed., 1136 p. 2009.

MAHINY, A. S.; TURNER, B. J. A comparison of four common atmospheric correction methods. **Photogrammetric Engineering & Remote Sensing**, v. 73, n. 4, p. 361-368, apr. 2007.

MATO GROSSO DO SUL. **Decreto n.º 9.934, de 5 de junho de 2000. Diário Oficial [do] Estado de Mato Grosso do Sul**, nº 5.279, 06 jun. 2000.

PARANHOS FILHO, A. C. *et al.* Sensoriamento Remoto do Complexo Aporé-Sucuriú. In: PAGOTTO, T.C.S. & SOUZA, P.R. de (Organizadores), **Biodiversidade do Complexo Aporé-Sucuriú, Subsídios à conservação e manejo do bioma Cerrado – Área prioritária, 316-Jauru**. Campo Grande: Editora UFMS, 31-44p., 2006

PAX-LENNEY, M. *et al.* Forest mapping with a generalized classifier and Landsat TM data. **Remote Sensing of Environment**, v. 77, n.3, p. 241- 250, sep. 2001.

PETTORELLI, N. *et al.* Using the satellite-derived NDVI to assess ecological responses to environmental change. **Trends in Ecology & Evolution**, v. 20, n. 9, p. 503-510, sep. 2005.

PINHEIRO, E. S.; DURIGAN, G. Dinâmica espaço-temporal (1962-2006) das fitofisionomias em unidade de conservação do Cerrado no sudeste do Brasil. **Revista Brasileira de Botânica**, v.32, n.3, p.441-454, jul.-set. 2009.

PONZONI, F. J.; SHIMABUKURO, Y. E. **Sensoriamento remoto no estudo da vegetação**. Editora Parêntese, São José dos Campos, SP. 127 p., 2007.

PONZONI, F. J. ; SANTOS, S. B. Conversão de números digitais de imagens orbitais em valores de FRB de superfície. **Boletim de Ciências Geodésicas**, v. 14, n. 4, p. 541-556, out.- dez. 2008.

ROSEMBACK, R. *et al.* Análise da dinâmica da cobertura vegetal na região sul do Brasil a partir de dados MODIS/TERRA. **Revista Brasileira de Cartografia**, n. 62, edição especial n. 2, p. 401-416, ago. 2010.

SINGH, A. Digital change detection techniques using remotely-sensed data. **International Journal of Remote Sensing**, v. 10, n. 6, p. 989-1003, jun. 1989.

SONG, C. *et al.* Classification and change detection using Landsat TM data: When and how to correct atmospheric effects? **Remote Sensing of Environment**, v. 75, n. 2, p. 230 - 244, feb. 2001.

TEIXEIRA, C. O desenvolvimento sustentável em unidade de conservação: a “naturalização” do social. **Revista Brasileira de Ciências Sociais**, v. 20, n. 59, p. 51-66, out. 2005.

WIENS *et al.* Selecting and conserving lands for biodiversity: The role of remote sensing. **Remote Sensing of Environment**, v.113, n. 7, p.1370-1381, july 2009.

6 DINÂMICA DA COBERTURA DO SOLO EM SEIS MUNICÍPIOS DA BACIA DO ALTO PARAGUAI ENTRE 1996-2009

Artigo aceito para apresentação no XV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto.

Dinâmica da cobertura do solo em seis municípios da Bacia do Alto Paraguai entre 1996-2009

Erika Silva Moreira¹
Antonio Conceição Paranhos Filho¹

¹ Universidade Federal de Mato Grosso do Sul - UFMS
Cidade Universitária - Caixa Postal 549
79070-900 – Campo Grande - MS, Brasil
{engenheiraambiental, toniparanhos}@gmail.com

Abstract. The land-cover changes caused by anthropic activities generate numerous impact on the environment since soil degradation to climate change. The mapping of land-cover dynamics has provided subsidies for environmental planning and management. This mapping has been facilitated by tools offered by geotechnology along the years. The aim of this paper was to estimate the land-cover evolution in an extensive region located in basin of Upper Paraguay River. This region comprehends the Pantanal, one of the most important environmental areas of the country. Two land cover maps of 1996 and 2009 were obtained from Landsat 5 TM images using automatic supervised classification methods. To enable the change estimative of the land-cover during 1996 to 2009, a post-classification comparison was performed by map algebra. Between 1996 and 2009, there was an increase about 14% of the areas for pastures and crops, and a decrease of 8,9% of shrubs and trees native vegetation in all studied area. Even protected by the distance from consumer centers and the inaccessibility to many parts of it, the Pantanal lowland, in the studied area, has suffered an increase of 18% in the pasture areas dedicated in its majority for cattle ranching. The concerning about the situation of the studied area must be considered as for the land-cover evolution due to the natural fragility of Pantanal and the high synergism between it and the surrounding plateaus.

Palavras-chave: geotechnology, change detection, multi-temporal data, geotechnologies, detecção de mudança, dados multitemporais.

1. Introdução

Mudanças na cobertura do solo representam uma ameaça à sustentabilidade dos ecossistemas, particularmente quando há conversão de formas de vegetação nativa em áreas antrópicas. Tais conversões ocasionam a aceleração dos processos de mudança naturais, fragmentação da paisagem, perda de biodiversidade, poluição das águas, desequilíbrio no ciclo do carbono, alteração do microclima, erosão e degradação do solo entre outros (Pimentel *et al.*, 1995; Lal & Bruce, 1999; Klink & Machado, 2005; Carvalho *et al.*, 2009).

Conceitua-se dinâmica da cobertura da terra como as mudanças nos seus padrões pelas atividades antrópicas através do tempo (Dale *et al.*, 2000). Há uma variedade de fatores que influenciam estas mudanças. Políticas governamentais de expansão das fronteiras agrícolas ou o crescimento populacional podem ser citados como exemplo.

O mapeamento da cobertura do solo através dos anos é uma importante ferramenta de gestão e planejamento ambiental. Por sua vez, o sensoriamento remoto, aliado às demais geotecnologias, é certamente a alternativa mais apropriada para se estudar esta dinâmica. Sensores como o *Thematic Mapper* (TM) do satélite Landsat 5 são capazes de cobrir extensas áreas em relativo curto espaço de tempo.

A área estudada é dividida entre os planaltos e a planície pantaneira. Área de vocação agropecuária sofre com a ampliação de áreas destinadas a pastagem nas partes altas dos planaltos o que resulta em aumento da produção de sedimentos na parte baixa (planície). Este aumento de sedimentos ocasiona perda da qualidade das águas, assoreamento e poluição dos rios da uma das áreas mais importantes ambientalmente do país e patrimônio da humanidade: o Pantanal.

Desta forma, este trabalho tem como objetivo estimar a evolução da cobertura da terra na área de estudo, realizando-se para tanto uma comparação pós-classificação entre dados de 1996 e 2009.

2. Metodologia de Trabalho

2.1. Área de Estudo

Localizada na região Centro Norte do Estado de Mato Grosso do Sul, a área de estudo coincide com a extensão de seis municípios - Sonora, Pedro Gomes, Coxim, Rio Verde de Mato Grosso, São Gabriel do Oeste e Rio Negro - abrangendo uma superfície de aproximadamente 27.980 km². Está compreendida entre as coordenadas geográficas de latitudes 17° 10' e 19° 40' sul e longitudes 53° 30' e 55° 50' oeste (figura 1).

O clima da região é do tipo Clima Tropical de Savana (AW) na classificação de Köppen. A vegetação é composta pelo Cerrado, florestas estacionais, além das áreas de tensão ecológica e antrópicas. A área faz parte da Bacia do Alto Paraguai, sendo drenada por importantes rios como Correntes, Taquari e Negro.

2.2. Pré-processamento dos dados

Três pares bitemporais de imagens Landsat 5, sensor TM, foram utilizados para a classificação da área de estudo: órbita/ponto 225/72, 225/73 e 225/74, sendo as imagens ancestrais de 11 de agosto de 1996 e as atuais de 28 de junho de 2009. Levou-se em consideração na escolha das imagens, para o ano de 2009, a maior proximidade possível das datas de aquisição com as das imagens de 1996, afim de que as imagens fossem analisadas em uma mesma estação - seca (junho a agosto/setembro) (Rodela e Queiroz Neto, 2007) - evitando-se efeitos de fenologia e a presença de cobertura de nuvens. As imagens de 1996 foram tomadas como referência e obtidas de estudos prévios de Paranhos Filho *et al.* (2003), assim como a carta de cobertura do solo resultante de suas classificações.

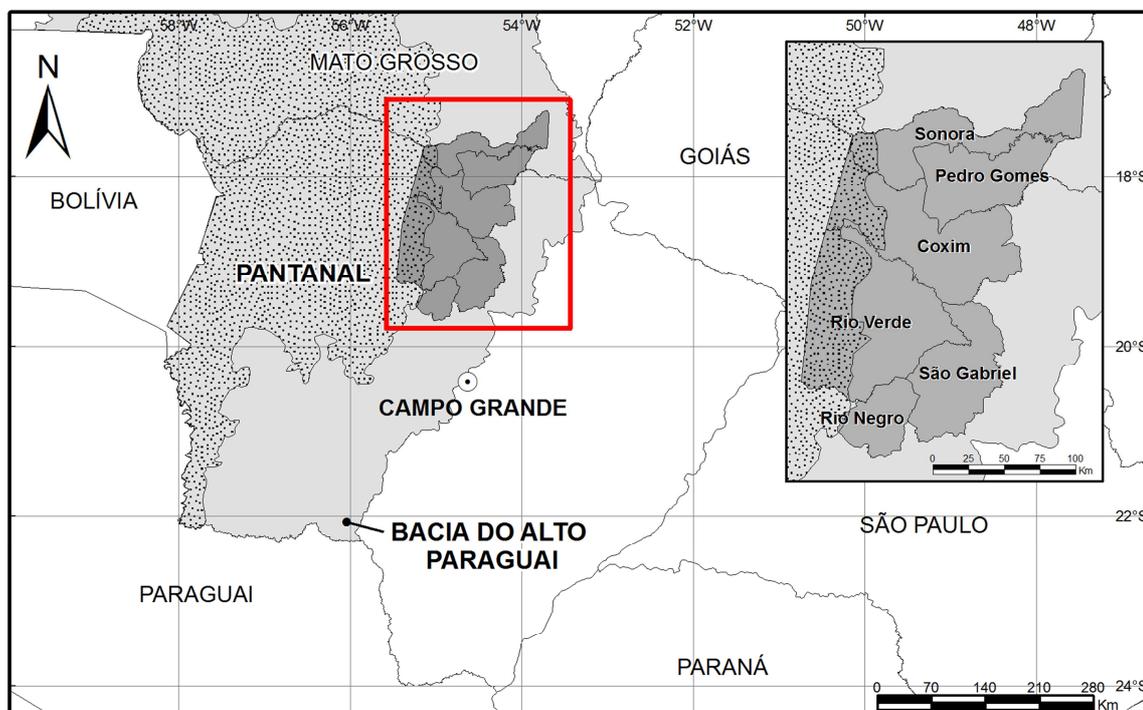


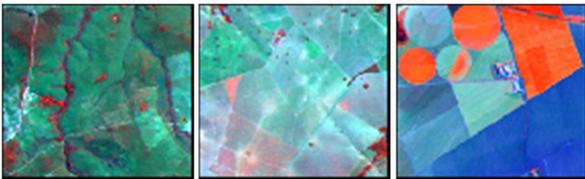
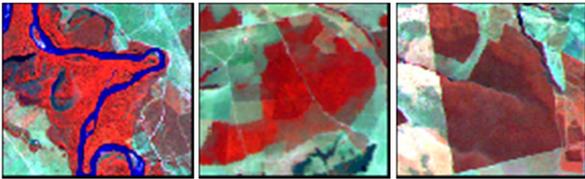
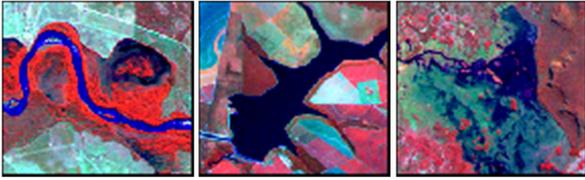
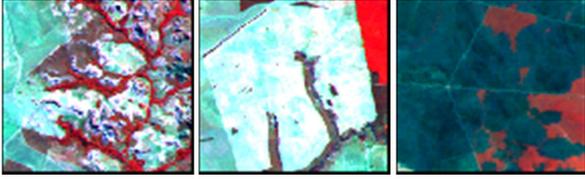
Figura 1. Localização da área de estudo.

As imagens de 2009 foram obtidas diretamente do sítio do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), com projeção UTM, zona 21, WGS 84, sendo esta a projeção adotada para todo o trabalho. As imagens de 2009 foram registradas, imagens de 1996 como referência, utilizando-se de pelo menos 40 pontos, para cada imagem, bem distribuídos, e do método de reamostragem vizinho mais próximo. O erro médio quadrático ficou entre 0,5 e 0,6 *pixel*. As imagens registradas foram mosaicadas com a opção de *histogram matching*, técnica de equalização de histogramas, para melhor visualização e distinção das classes de cobertura. Para o processamento das imagens utilizou-se do programa ERDAS Imagine (ERDAS, 1999).

2.3. Cobertura do solo para o ano de 2009

A cobertura do solo, na área de estudo, foi obtida a partir da classificação automática supervisionada, algoritmo de máxima verossimilhança, das imagens Landsat, utilizando-se para tanto a chave de classificação proposta por Paranhos Filho *et al.* (2003). Para auxiliar na identificação da cobertura do solo e obtenção da respectiva carta, foram utilizadas informações complementares obtidas de trabalhos de campo realizados na área de estudo no mês de maio de 2009, análise visual de imagens Landsat de diferentes épocas do ano e carta de uso do solo do Plano de Conservação da Bacia do Alto Paraguai (PCBAP, 1997). As classes foram agrupadas para a compatibilização com os dados de 1996. As classes resultantes são descritas na tabela 1.

Tabela 1. Classes de cobertura do solo adotadas para os dados de 1996 e 2009. Escala de captura 1:200.000.

Classes	Descrição	Exemplo em composição R4G5B3
Áreas Urbanas	Padrão urbano contínuo e descontínuo	
Pastagens e culturas	Campos ou pastagens, naturais e antrópicas, e culturas, temporárias e permanentes	
Vegetação arbóreo-arbustiva	Florestas, cerradão, reflorestamento e cerrado <i>stricto sensu</i>	
Corpos, cursos d'água e áreas úmidas	Rios, reservatórios, lagos e brejos	
Descoberto	Afloramento rochoso ou substrato aparente, áreas de vegetação rala e ainda de queimadas	

Neste reagrupamento considerou-se a impossibilidade, em muitos casos, da distinção entre pastagens naturais daquelas plantadas (Lambin *et al.*, 2003), além de culturas de pastagens. Segundo Paranhos Filho *et al.* (2003), esta agregação de classes separa, de maneira geral, áreas de uso antrópico ou de influência direta daquelas naturais ou renaturalizadas.

Após a limpeza dos pixels isolados resultantes da classificação com o filtro de suavização do tipo de moda (Crósta, 1992), os dados em formato matricial foram convertidos para o formato vetorial. A menor área mapeável adotada foi de 25 ha, ou seja, a área de um quadrado de 5 mm por 5 mm na escala de 1: 100.000. Desta forma, todos os polígonos de área menor do que 25 hectares foram dissolvidos no polígono de maior área circundante. Para a comparação entre os anos de 1996 e 2009 realizou-se o *overlay* dos mapas.

3. Resultados e Discussão

Entre os anos de 1996 e 2009, houve uma expansão das áreas de pastagem e culturas de aproximadamente 14%, com a consequente diminuição de áreas de vegetação arbóreo-arbustiva em 8,9%, como pode ser observado pela tabela 2 e figura 2. Do total de pastagens e culturas no ano de 1996, 29,63% estavam distribuídas na planície passando a 31,29% em 2009, enquanto que a participação dos planaltos no total do aumento de áreas teve uma leve diminuição.

No ano de 1996, houve grandes áreas de queimadas e/ou incêndios, concentradas principalmente na região da planície pantaneira, sendo que estes fenômenos não se repetiram com a mesma intensidade em 2009. Estas áreas são as responsáveis pela quase totalidade dos 5,69% das áreas classificadas como descobertas em 1996. As queimadas são práticas de manejo corriqueiras na região. As áreas urbanas, corpos, cursos d'água e áreas úmidas mantiveram-se praticamente estáveis durante o período analisado.

Tabela 2. Porcentagem total das classes de cobertura do solo nos anos de 1996 e 2009 e participação em cada classe da Planície e dos Planaltos.

Classe	Total 1996	Planície	Planaltos	Total 2009	Planície	Planaltos
Pastagens e culturas	58,28	29,63	70,37	72,28	31,29	68,71
Vegetação arbóreo-arbustiva	35,24	24,66	75,34	26,39	24,74	75,26
Descoberto	5,68	58,61	41,39	0,48	3,26	96,74
Áreas Urbanas	0,07	-	100,00	0,08	-	100,00
Corpos, cursos d'água e áreas úmidas	0,73	44,90	55,10	0,77	56,06	40,01

Em 1996, dos 8.286,43 km² da planície, 58,31% eram ocupados por pastagens e culturas, 29,34% arbóreo-arbustiva, 11,25 % descoberto e 1,10% de úmido. Em 2009, essas porcentagens passaram para 76,38%, 21,98%, 0,05% e 1,59%, respectivamente. Enquanto que na área dos planaltos 58,27% eram ocupados por pastagens e culturas, 28,14 % arbóreo-arbustiva, 3,34 % descoberto, 0,18% urbano e 0,57% de úmido. Em 2009, essas porcentagens passaram para 70,56%, 28,14%, 0,60%, 0,18% e 0,57% respectivamente, como pode ser observado pela tabela 3.

Quando se analisa a conversão da cobertura do solo por município, considerando planície e planaltos, Rio Negro lidera no quesito aumento de áreas de pastagem e culturas, entre os

anos de 1996 e 2009, com 28,02%, seguido por Coxim (24,38%), Rio Verde (11,87%), São Gabriel do Oeste (11,37%), Pedro Gomes (6,09%) e Sonora (4,96%).

Tabela 3. Evolução da cobertura do solo na Planície e Planaltos entre os anos de 1996 e 2009 em porcentagem.

Classe	Planície		Planaltos	
	Total 1996	Total 2009	Total 1996	Total 2009
Pastagens e culturas	58,31	76,38	58,27	70,56
Vegetação arbóreo-arbustiva	29,34	21,98	37,72	28,14
Descoberto	11,25	0,05	3,34	0,60
Áreas Urbanas	-	-	0,10	0,18
Corpos, cursos d'água e áreas úmidas	1,10	1,59	0,57	0,52

Em estudo realizado por Abdon *et al.* (2007), sobre o desmatamento no Pantanal até o ano de 2002, os municípios de Coxim e Rio Verde já eram citados como referência em maiores áreas contínuas de pastagem plantada, na porção do município situada dentro do Pantanal. Deve-se ressaltar, ainda segundo Abdon *et al.* (2007), que o Pantanal abrange terras que vão além da planície.

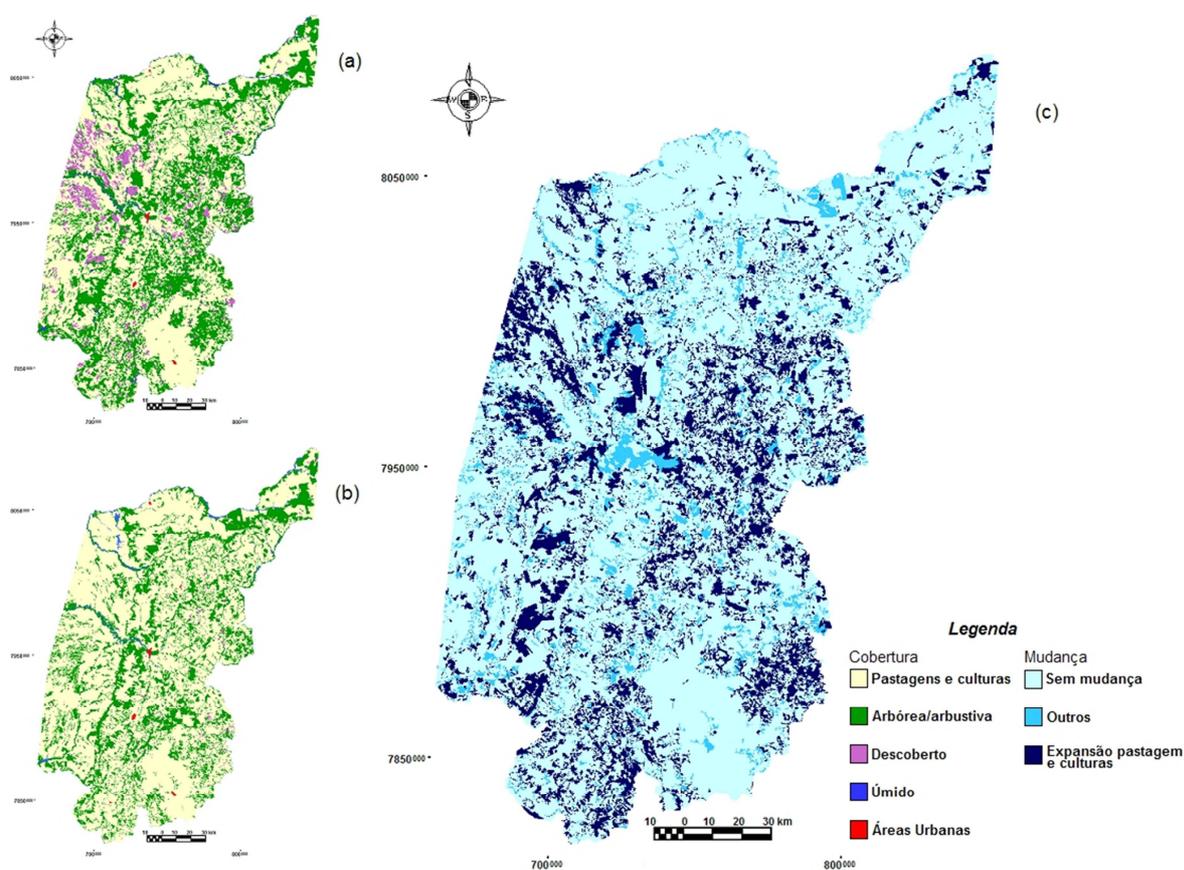


Figura 2. Mapas de cobertura do solo para os anos de 1996 (a) e 2009 (b). Expansão de áreas cobertas por pastagem e culturas entre 1996-2009 (c).

O Estado de Mato Grosso do Sul, como um todo, sofre com o processo de contínua modificação de suas paisagens naturais (2009). Entretanto, a área de estudo, em apenas 13 anos, teve sua vegetação arbóreo-arbustiva reduzida em 8,9%, ou seja, 2.490 km². Mesmo sendo protegida pela distância dos centros consumidores e inacessibilidade em muitos pontos (Junk & Cunha, 2005) a planície pantaneira sofreu um aumento de áreas de pastagem de 18%, o que pode ser creditado ao aumento das áreas destinadas à criação extensiva de gado, já adaptadas aos ciclos de inundação característicos da região (Abdon *et al.*, 2007; Zeilhofer & Moura, 2009). O mesmo fator, aumento das áreas destinadas à agropecuária, pode ser responsabilizado pela diminuição da vegetação arbóreo-arbustiva dos planaltos.

4. Conclusões

Deve-se considerar preocupante a situação da área de estudo quanto à evolução da cobertura da terra visto a fragilidade natural do Pantanal e o forte sinergismo entre este e os planaltos. A utilização de geotecnologias mostrou-se rápida, econômica e eficiente para a estimativa das mudanças ocorridas na área de estudo, mesmo com as limitações inerentes aos métodos utilizados.

Agradecimentos

Os autores agradecem à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela concessão de bolsa de mestrado a Erika Silva Moreira.

Referências Bibliográficas

- Abdon, M. M.; Silva, J. S. V.; Marselhas e Souza, I.; Romon, V. T.; Rampazzo, J.; Ferrari, D. L. Desmatamento no bioma Pantanal até o ano 2002: relações com a fitofisionomia e limites municipais. **Revista Brasileira de Cartografia**, n. 59, p. 17-24, 2007.
- Carvalho, F. M. V.; Marco Júnior, P.; Ferreira, L. G. The Cerrado into-pieces: Habitat fragmentation as a function of landscape use in the savannas of central Brazil. **Biological Conservation**, n. 142, p. 1392-1403, 2009.
- Crósta, A. P. **Processamento Digital de Imagens de Sensoriamento Remoto**. IG/UNICAMP. 1993.170 p.
- Erdas, Inc. **Erdas Imagine 8.4**. LEICA Geosystems Geospatial Imagine, LCC. Atlanta – Geórgia. 1999. 1 CDROM.
- Junk, W.J.; Cunha, C. N. Pantanal: a large South American wetland at a crossroads. **Ecological engineering**, v. 24, p.391–401, 2005.
- Klink, C. A.; Machado, R. B. Conservation of the Brazilian Cerrado. **Conservation Biology**, v. 19, n. 3, p. 707–713.2005.
- Lal, R.; Bruce, J. P. The potential of world cropland soils to sequester C and mitigate the greenhouse effect. **Environmental Science & Policy**, n. 2, p. 177-185. 1999.
- Lambin, E. F.; Gesist, H. J; Lepers, E. Dynamics of land-use and land-cover change in tropical regions. **Annual review of environment and resources**, v. 28, p. 205-241. 2003.
- Mato Grosso do Sul. Secretaria de Estado do Meio Ambiente, das Cidades, do Planejamento, da Ciência e Tecnologia. **Zoneamento Ecológico-Econômico de Mato Grosso do Sul - Contribuições técnicas, teóricas jurídicas e metodológicas**. Campo Grande, SEMAC, v. 1, 128 p., 2009.
- Paranhos Filho, A.C.; Fiori, Alberto Pio; Disperati, L.; Lucchesi, Cristiana; Ciali, A.; Lastoria, Giancarlo. Avaliação Multitemporal das Perdas dos Solos na Bacia do Rio Taquarizinho Através de SIG. Boletim Paranaense de Geociências, v. 52, p. 49-59, 2003.

Pimentel, D.; Harvey, C.; Resosudarmo, P.; Sinclair, K.; Kurz, D.; McNair, M.; Crist S.; Shoritz, L.; Fitton, L.; Saffouri, R.; Blair, R. Environmental and economic costs of soil erosion and conservation benefits. **Science**, v. 267, n. 245201, p. 1117-1123, 1995.

PCBAP. Plano de conservação da Bacia do Alto Paraguai. Programa Nacional do Meio Ambiente. Ministério do Meio Ambiente, dos Recursos Hídricos e da Amazônia Legal – Subcomponente Pantanal. **Diagnóstico dos Meios Físico e Biótico. Meio Físico**. Brasília: MMA/SEMAM/PNMA, v.1, 76 p., 1997.

Rodela, L. G.; Queiroz Neto, J. P de. Estacionalidade do clima no Pantanal da Nhecolândia, Mato Grosso do Sul, Brasil. **Revista Brasileira de Cartografia**, v. 01, n.º 59, 2007.

Zeilhofer, P.; Moura, R. M. Hydrological changes in the northern Pantanal caused by the Manso dam: Impact analysis and suggestions for mitigation. **Ecological engineering**, v. 3 5, p. 105–117, 2009.

6 CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

O panorama traçado pelos estudos apresentados nesta dissertação reforça a necessidade do planejamento ambiental e territorial para a ocupação antrópica sustentável. Apoiar-se apenas em imposições legais não garante a proteção do meio. O monitoramento constante das condições do território permitem que decisões sejam tomadas e esforços aplicados na remediação de situações impactantes. Este monitoramento é facilitado pelas ferramentas oferecidas pelas geotecnologias. A integração de grandes volumes de dados, através das geotecnologias, oferece uma análise holística do ambiente. Possibilita a caracterização de muitas mudanças decorrentes de distúrbios, tanto naturais quanto antrópicos.

Os métodos e modelos utilizados nos trabalhos apresentados possuem como vantagem a flexibilidade para atualização e complementação dos dados utilizados nas análises. Além disso, são métodos replicáveis e adaptáveis às realidades encontradas em outras áreas. Esta dissertação apresentou uma abordagem para a integração sistemática de dados espaciais e análises necessárias ao planejamento ambiental e territorial.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABDON, M. M *et al.* Desmatamento no Bioma Pantanal até o ano 2002: relações com a fitofisionomia e limites municipais. **Revista Brasileira de Cartografia**, n. 59, p. 17-24, abr. 2007.

ADAMOLI, J. O Pantanal e suas relações fitogeográficas com os Cerrados: discussão sobre o conceito de “Complexo do Pantanal”. In: Congresso Nacional de Botânica. Sociedade Botânica do Brasil, p.109-119, 1982.

ASSINE, M. L. **Sedimentação na bacia do Pantanal Matogrossense, Centro-oeste, Brasil.** Rio Claro, 2003. 106 p. Tese (Livre Docência) Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista.

ASSINE, M L.; SOARES, P. C. Quaternary of the Pantanal, west-central Brazil. **Quaternary International**, v. 114, n. 1, p. 23-34, 2004.

BRASIL. Constituição Federal. Brasília, DF, 5 out. 1988. Disponível em: <<http://www.planalto.gov.br/CCIVIL/decreto/2002/D4297.htm>>. Acesso em: 03 mar. 2009.

BRASIL. Decreto n.º 4.297, de 10 de julho de 2002. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Poder Executivo, Brasília, DF, 11 jul. 2009, p. 6-7.

BRASIL. Decreto n.º 6.961, de 17 de setembro de 2009. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Poder Executivo, Brasília, DF, 18 set. 2009, p. 1.

FEARNSIDE, P. M. Soybean cultivation as a threat to the environment in Brazil. **Environmental Conservation**, v. 28, n. 1, p 23-38, mar. 2001.

FRANCO, M. S. M.; PINHEIRO, R. Geomorfologia. In: BRASIL. Ministério das Minas e Energia. Projeto RADAMBRASIL. **Folha SE.21 Corumbá e parte da Folha SE.20.** Rio de Janeiro, 1982, p.161-224. (Levantamento de Recursos Naturais, 27).

FURQUIM, S. A. C. *et al.* Soil mineral genesis and distribution in a saline lake landscape of the Pantanal Wetland, Brazil. **Geoderma**, v. 154, n. 3-4, p.518-528, jan. 2010.

GIRARD, P. *et al.* Small-scale spatial variation of inundation dynamics in a floodplain of the Pantanal (Brazil). **Hydrobiologia**, v. 638, n. 1, p.223-233, jan. 2010.

GOVERNO pode ceder e liberar cana no entorno do Pantanal. **Correio do Estado**, Especial Meio Ambiente, Campo Grande, 19 de abril, p. 5b, 2009.

HARRIS, M. B. *et al.* Safeguarding the Pantanal Wetlands: threats and conservation initiatives. **Conservation Biology**, v. 19; n. 3, p. 714-720, June 2005.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Produção Agrícola Municipal**. 2007. Disponível em <<http://www.sidra.ibge.gov.br/>>. Acesso em: 05 Jan. 2010.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Pesquisa Pecuária Municipal**. 2008. Disponível em <<http://www.sidra.ibge.gov.br/>>. Acesso em: 05 Jan. 2010.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Resolução n.º 6, de 3 de novembro de 2010. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Poder Executivo, Brasília, DF, 04 Nov. 2010, p. 104.

INPE. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. **Área de cana safra e reforma na região Centro-Sul**. Disponível em <<http://150.163.3.3/canasat/index.php>>. Acesso em: 25 Jan. 2010.

KEDDY, P. A. *et al.* Wet and wonderful: the world's largest wetlands are conservation priorities. **BioScience**, v. 59, n.1, p. 39-51, Jan. 2009.

LOUREIRO, R. L.; SOUZA LIMA, J. P.; FRONZAR, P. C. Vegetação In: BRASIL, Ministério das Minas e Energia Projeto RADAMBRASIL. **Folha SE. 21 Corumbá e parte da folha SE. 20**. Rio de Janeiro. 1982. p. 329-372. (Levantamento de Recursos Naturais, 27).

LOURIVAL, R. *et al.* A systematic evaluation of the conservation plans for the Pantanal Wetland in Brazil. **Wetlands**, v. 29, n. 4, p. 1189-1201, Dec. 2009.

MATO GROSSO DO SUL. **Lei n.º 328, de 25 de fevereiro de 1982. Diário Oficial [do] Estado de Mato Grosso do Sul**, nº 779, 26 fev. 1982.

MATO GROSSO DO SUL. Secretaria de Planejamento. **Atlas multirreferencial do Estado de Mato Grosso do Sul**. Campo Grande, SEPLAN, 28p., 1990.

MATO GROSSO DO SUL (a). Secretaria de Estado do Meio Ambiente, das Cidades, do Planejamento, da Ciência e Tecnologia. **Zoneamento Ecológico-Econômico de Mato Grosso do Sul - Contribuições técnicas, teóricas jurídicas e metodológicas**. Campo Grande, SEMAC, v. 1, 128 p., 2009.

MATO GROSSO DO SUL (b). Secretaria de Estado do Meio Ambiente, das Cidades, do Planejamento, da Ciência e Tecnologia. **Dados Estatísticos dos Municípios de MS**. 2009. Disponível em <<http://www.semac.ms.gov.br/>>. Acesso em: 20 Jan. 2010.

MYERS, N. *et al.* Biodiversity hotspots for conservation priorities. **Nature**, v. 403, p. 853-858, Feb. 2000.

PNDU. Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento. **Tabelas de ranking do IDH-M**. Disponível em <<http://www.pnud.org.br/atlas/tabelas/index.php>>. Acesso em: 25 mar. 2010.

PRANCE, G. T.; SCHALLER, G. B. Preliminary study of some vegetation types of the Pantanal, Mato Grosso, Brazil. **Brittonia**, v. 34, n.2, p.228-251, apr. 1982.

PROJETO de lei n.º 00176 de 2009. Disponível em <http://consulta.projleis.al.ms.gov.br:8080/sistema_legislativo/Proposicao.do?idDocumento=21254&modo=L&tab=1&metodo=exibirDocumento>. Acesso em: 20 mar. 2010.

RAMSAR. The Ramsar Convention. **The list of wetlands of international importance**. June 2010. Disponível em: <<http://www.ramsar.org/pdf/sitelist.pdf>>. Acesso em: 28 jun. 2010.

RATTER, J. A.; RIBEIRO, J. F.; BRIDGEWATER, S. The Brazilian Cerrado vegetation and threats to its biodiversity. **Annals of Botany**, v. 80, n.3, p. 223-230, sept. 1997.

SANO, E. E. *et al.* Land cover mapping of the Tropical Savanna region in Brazil. **Environmental Monitoring and Assessment**, v. 166, n. 1-4,p. 113-124, july 2010.

SILVA, J. S. V. da; ABDON, M. M. Delimitação do Pantanal brasileiro e suas sub-regiões. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.33, n. especial, p.1703-1711, out. 1998.

SILVA, M. P. da *et al.* Distribuição e quantificação de classes de vegetação do Pantanal através de levantamento aéreo. **Revista Brasileira de Botânica**, v. 23, n. 2, p.143-152, jun. 2000.

SILVA, C. J. da; GIRARD, P. New challenges in the management of the Brazilian Pantanal and catchment area. **Wetlands Ecology and Management**, v. 12, n. 6, p. 553-561, dec. 2004.

SILVA, J. F. *et al.* Spatial heterogeneity, land use and conservation in the Cerrado region of Brazil. **Journal of Biogeography**, v. 33, n. 3, p. 536-548, mar. 2006.

UNESCO. United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization. Biosphere Reserves Complete List. Nov. 2008. Disponível em: <<http://www.unesco.org/mab/doc/brs/BrList2010.pdf>>. Acesso em: 28 jun. 2010.

WANTZEN, K. M. *et al.* Towards a sustainable management concept for ecosystem services of the Pantanal Wetland. **Ecohydrology and Hydrobiology**, v. 8, n.2, p.115-138, may 2008.

ANEXOS

NORMAS PARA PUBLICAÇÃO DE TRABALHOS (GEOCIÊNCIAS)

GEOCIÊNCIAS é uma revista quadrimestral, on-line, do Instituto de Geociências e Ciências Exatas da Universidade Estadual Paulista (UNESP)/Campus de Rio Claro, que divulga trabalhos sobre temas da Geologia e Geografia Física, básicos e de aplicação, de autores da UNESP e de outras instituições, do País ou do Exterior, de interesse para a comunidade geocientífica e a coletividade em geral.

A partir do ano de 2009, a revista passou a operar apenas no formato eletrônico, com o ISSN 1980-900X, seguindo a tendências das revistas internacionais.

1. TIPO DE TRABALHO PUBLICADO

A revista publica Artigos com dados e resultados originais e inéditos de pesquisas científicas e técnicas, redigidos em português, inglês ou espanhol.

2. APRESENTAÇÃO DO TRABALHO

a) O trabalho deve ter:

- 1) Título, coerente com o conteúdo.
- 2) Nomes do(s) autor(es), completos e por extenso.
- 3) Instituição(ões)/empresa(s) a que se vincula(m), com endereço(s) (logradouro, CEP, cidade, estado, endereço eletrônico), completos e sem abreviaturas ou siglas.
- 4) Sumário dos itens e subitens, mostrando a hierarquia deles.
- 5) Resumo de até 200 palavras, em parágrafo único, sem incluir citações bibliográficas, seguido de até cinco palavras-chave que reflitam a natureza e conteúdo do trabalho e escritos na língua utilizada no artigo.
- 6) Título, resumo e palavras-chave vertidos para outra língua dentre as indicadas acima.

b) A estrutura do artigo deve ter, ressalvada a natureza do trabalho que exija explanação diferente e mais adequada à boa exposição das informações:

- 1) Introdução, contextualizando o trabalho e definindo o objetivo do artigo.
- 2) Materiais, métodos e técnicas.
- 3) Apresentação de dados.
- 4) Discussões, interpretações e resultados.
- 5) Conclusões ou considerações finais.

- 6) Agradecimentos.
 - 7) Lista das referências bibliográficas citadas.
- c) A hierarquia de itens e subitens deve ser feita em até 5 níveis:
- 1) Nível 1: negrito, em maiúsculas, centrado. Ex.: **INTRODUÇÃO**.
 - 2) Nível 2: negrito, caixa alta, alinhado à esquerda. Ex.: **LITOLOGIA**.
 - 3) Nível 3: negrito, primeiras letras em maiúsculas e as demais em minúsculas, alinhado à esquerda. Ex.: **Aspectos do Relevo**.
 - 4) Nível 4: itálico, negrito, primeiras letras em maiúsculas e as demais em minúsculas, alinhado à esquerda. Ex.: ***Xistos do Grupo São Roque***.
 - 5) Nível 5: itálico, não-negrito, primeiras letras em maiúsculas e as demais em minúsculas, alinhado à esquerda. Ex.: *Características Texturais dos Sedimentos*.

3. ENTREGA DO ARTIGO

- a) O texto deve ser elaborado em folhas A4, margens de 2 cm, espaço duplo, recuos (parágrafos) de 0,5 cm, fonte Times New Roman de 12 pontos, sem formatação, sem hifenização, utilizando o Winword para IBM-PC. Extensão: até 30 páginas, incluindo texto, ilustrações e referências bibliográficas. Não são aceitos textos escaneados.
- 1) Unidades e símbolos de medidas devem seguir o sistema de padronização internacional (exs.: M para milhão, G para bilhão, m, cm, km, kb, MPa). Símbolos não-usuais e abreviaturas, quando utilizados, devem ter os significados explicitados quando da primeira citação no texto.
 - 2) Equações e fórmulas devem ser inseridas no texto em formato **JPG**. Todos os símbolos e abreviaturas utilizados devem ter seus significados explicitados. Se forem citadas no texto podem ser numeradas com algarismos arábicos sucessivos, colocados à direita.
 - 3) Palavras estrangeiras e citações, se usadas, devem aparecer em itálico.
 - 4) Notas de rodapé não são aceitas (inclusive para indicação dos nomes de instituições ou empresas). Eventuais notas complementares podem ser inseridas no fim do texto, referidas como APÊNDICES, limitados à exposição de detalhes imprescindíveis à compreensão do texto (p. ex., minúcias de ensaios, deduções de equações).
 - 5) A redação deve ser impessoal (terceira pessoa).
- b) Dos trabalhos devem ser enviados obrigatoriamente:

- 1) uma cópia em papel, numeradas seqüencialmente, do texto e das ilustrações (para controle da editoração);
- 2) duas cópias em papel, sem os nomes dos autores e de suas instituições/empresas (para *blind review* de dois Consultores);
- 3) uma cópia de todo o trabalho (texto e ilustrações) em CD-ROM, se necessário com compactação em formato **zip**.

4. ILUSTRAÇÕES

a) As ilustrações e suas legendas devem ser apresentadas em separado do texto, com as respectivas legendas.

b) São ilustrações:

- 1) TABELAS (sem molduras verticais das células) e QUADROS (com molduras horizontais e verticais das células) elaboradas no Winword ou Excel, dispostas em formato Retrato.
- 2) FIGURAS, que são mapas, perfis, diagramas e assemelhados, em Preto & Branco, em tons de cinza ou coloridas, numeradas seqüencialmente com algarismos arábicos, na ordem de inserção no texto. As figuras devem ser apresentadas em formato **cdr ou cad** (CorelDraw, Auto Cad), que permita elaboração para o padrão da revista. No texto devem ser apontados os locais de inserção em uma linha logo após o parágrafo em que é feita a primeira citação.
- 3) FOTOS, FOTOMICROGRAFIAS, IMAGENS e assemelhados, e PRANCHAS, que são quadros de tais documentos. Devem se apresentadas em tons de cinza, em originais ou escaneadas em formato **jpg**, com resolução mínima de 300 dpi. Não são aceitas cópias xerográficas. Inserir escala gráfica, se necessário. Indicações devem ter tamanhos ou espessuras que comportem redução e visibilidade no tamanho de largura máxima entre 8 a 17 cm (largura útil da página impressa).

c) **Ilustrações coloridas estão liberadas.**

5. CITAÇÕES BIBLIOGRÁFICAS

a) Citações no texto:

- 1) de um autor – ex.: Adams (1989), (Adams, 1996);
- 2) de dois autores – exs.: Cox & Singer (1986), (Cox & Singer, 1986);
- 3) de trabalhos de mais de 2 autores – exs.: Lopes *et al.* (1992), (Lopes *et al.*, 1992);

- 4) de mais de um trabalho do mesmo autor e do mesmo ano ou de anos distintos – ex.: Johnson (1995a, b, c); Roberts (1996, 1997); (Johnson, 1995a, b; Roberts, 1996a, b, 1997);
- 5) Para citações indiretas, usar **segundo** em vez de **apud** – ex.: Lucas (1975, segundo Silva, 1993).
- 6) Evitar o uso de **op. cit.** – ex.: Martins (1998) em vez de Martins (op. cit.).

b) Lista de REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS:

- 1) Seguir a ordem alfabética dos nomes dos autores e numerar consecutivamente. Se houver mais de um trabalho do(s) mesmo(s) autor(es) num ano, indicar no final (a), (b), (c)...
- 2) Entrada de um autor – ex.: SILVA, A.L. DA.
- 3) Entrada de dois autores – ex.: SILVA, J.L. & RUIZ, A. DA S.
- 4) Entrada de de três ou mais autores – citar todos. Ex.: LIMA, E.S.; MARQUES, J.S.; CAMPOS, A.
- 5) Exemplos de citação de publicações:

Livros, monografias, relatórios

COSTA, M.C. da & ANGÉLICA, R.S. (Coordenadores). **Contribuições à Geologia da Amazônia**. Belém: Financiadora de Estudos e Projetos e Sociedade Brasileira de Geologia/Núcleo Norte, 446 p., 1997.

CPRM – COMPANHIA DE PESQUISA DE RECURSOS MINERAIS – SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL. **Jacupiranga-Guaraú - geologia, levantamento geoquímico, processamento aerogeofísico e metalogenia das folhas SG22-X-8-VI-2 (Jacupiranga) e SG22-X-B-VI-4 (Rio Guaraú), Estado de São Paulo, Escala 1 :50.000**. São Paulo: Convênio Secretaria de Estado de Energia / Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais – Serviço Geológico do Brasil, 245 p., 1999.

Capítulos de livros

ROOSEVELT, A.C. The influence of geology on soils, biota and the human occupation of Amazonia. In: COSTA, M.C. da & ANGÉLICA, R.S. (Coordenadores), **Contribuições à Geologia da Amazônia**. Belém: Financiadora de Estudos e Projetos e Sociedade Brasileira de Geologia/Núcleo Norte, p. 1-14, 1997.

Dissertações e Teses

SANTOS, M. DOS. **Serra da Mantiqueira e Planalto do Alto Rio Grande: a bacia terciária de Aiuruoca e evolução morfotectônica**. Rio Claro, 1999. 134 p. Tese (Doutorado em Geociências) – Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista.

Artigos de periódicos

FERREIRA, M.C. Análise espacial da densidade de drenagem em Sistema de Informação Geográfica através de um modelo digital de distâncias interfluviais. **Geociências**, v. 18, n. 1, p. 7-22, 1999.

Resumos (estendidos ou não) publicados em eventos técnico-científicos

ROY, P. Estuaries and coastal valley-fills in Southeast Australia. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ESTUDOS DO QUATERNÁRIO, 6, 1997, Curitiba. **Resumos Expandidos...** São Paulo: Associação Brasileira de Estudos do Quaternário, 1997, p. 12-13.

c) Outros

- 1) Programas de computação (*softwares*) citados no texto devem ser referenciados como trabalhos, com dados de autoria, versão, local, data.
- 2) Documentos consultados na Internet: citar a URL e data de acesso. Ex.: C.M.L. da Cunha & I.A. Mendes. **Proposta de análise integrada dos elementos físicos da paisagem: uma abordagem geomorfológica**. Disponível em:
<http://www.rc.unesp.br/igce/grad/geografia/revista/Sumario0301.htm>. Acessado em: 25jan2006.
- 3) Trabalhos aceitos para publicação ou no prelo: citar, com indicação da situação.
- 4) Comunicações pessoais e trabalhos em preparação ou submetidos para publicação não devem ser citados na listagem bibliográfica, mas apenas no texto.
- 5) Não devem ser citados documentos (relatórios e outros) confidenciais ou inacessíveis aos leitores.

6. ANÁLISE DOS TRABALHOS E PROCEDIMENTOS DA EDITORIA

- 1) O autor ou primeiro autor será comunicado da recepção do trabalho, dos resultados das avaliações pelos Consultores e aceitação para publicação.
- 2) Os trabalhos receberão avaliação crítica do mérito por um ou dois membros do Conselho Editorial e/ou Corpo Consultivo tendo em vista a publicação na revista. O prazo para avaliação é de 30 dias.
- 3) Trabalhos não recomendados serão devolvidos. Aqueles cuja aceitação dependa de modificações ou ajustes serão devolvidos ao(s) autor(es) para adequação.
- 4) Revisões de aspectos formais dos trabalhos, antes da impressão final, serão efetuadas pelo Conselho Editorial.

- 5) Os dados, informações e conceitos emitidos nos trabalhos são de inteira responsabilidade dos autores. O autor ou primeiro autor do trabalho responde pela autorização de sua publicação e cessão de direitos autorais à revista.

7. ENCAMINHAMENTO

Os trabalhos devem ser enviados, com carta de encaminhamento, para:

Revista Geociências

Instituto de Geociências e Ciências Exatas / UNESP

Avenida 24-A, 1515 – Bela Vista. CEP 13506-900. Rio Claro, SP.

Caixa Postal 178. Telefones: (19) 3526-2832 e 3526-2809. Fax: (19) 3524-9644.

Endereço eletrônico: fabio bm@rc.unesp.br.

8. INTERNET

A revista está disponível na Internet, podendo ser acessada no portal