



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO DO SUL
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
CÂMPUS DE TRÊS LAGOAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO
MESTRADO EM GEOGRAFIA**

**GEOTECNOLOGIAS APLICADAS AO DIAGNÓSTICO FÍSICO-
CONSERVACIONISTA DA BACIA TRANSFRONTEIRIÇA DO RIO APA**

EDWALDO HENRIQUE BAZANA BARBOSA

**TRÊS LAGOAS
2014**

EDWALDO HENRIQUE BAZANA BARBOSA

**GEOTECNOLOGIAS APLICADAS AO DIAGNÓSTICO FÍSICO-
CONSERVACIONISTA DA BACIA TRANSFRONTEIRIÇA DO RIO APA**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação – Mestrado em Geografia/CPTL/UFMS – Área de Concentração Análise Geoambiental e Produção do Território, como exigência final para obtenção do Título de Mestre em Geografia, sob orientação do Prof. Dr. Arnaldo Yoso Sakamoto.

**TRÊS LAGOAS
2014**

FOLHA DE AVALIAÇÃO

Edwaldo Henrique Bazana Barbosa

GEOTECNOLOGIAS APLICADAS AO DIAGNÓSTICO FÍSICO-
CONSERVACIONISTA DA BACIA TRANSFRONTEIRIÇA DO RIO APA.

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação – Mestrado em Geografia/CPTL/UFMS – Área de Concentração Análise Geoambiental e Produção do Território, como exigência final para obtenção do Título de Mestre em Geografia, sob orientação do Prof. Dr. Arnaldo Yoso Sakamoto.

Aprovado em: ____/____/____.

Banca Examinadora

Prof. Dr. Arnaldo Yoso Sakamoto.

Instituição: Universidade Federal de Mato Grosso do Sul.
Assinatura: _____.

Prof. Dr. Vitor Matheus Bacani.

Instituição: Universidade Federal de Mato Grosso do Sul.
Assinatura: _____.

Prof. Dr. Antonio Cezar Leal

Instituição: Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho - UNESP
Assinatura: _____.

Prof. Dr. Wallace de Oliveira (Suplente).

Instituição: Universidade Federal de Mato Grosso do Sul.
Assinatura: _____.

As mulheres da minha vida, Maria Catarina Barbosa (vovó), Izabel Cristina Bazana Barbosa (manhe) e a minha filha...afilhada e irmã Izabela Catarina Bazana Barbosa. Agradeço a vocês pelo apoio prestado durante a minha jornada de estudos, formação profissional, pessoal e principalmente espiritual. Dedico esta dissertação.

AGRADECIMENTOS

Agradeço ao grande espírito pela proteção e a todos que direta e indiretamente ajudaram nesta etapa científica alcançada, especialmente:

Ao Prof. Dr. Arnaldo Yoso Sakamoto, pela orientação, amizade, companheirismo, confiança, apoio financeiro, por incentivar a leitura e a busca de novos embasamentos teóricos no campo da Geografia Física, serei sempre grato;

Ao Prof. Dr. Vitor Matheus Bacani, pela Co-orientação, pela amizade de longas datas, pelo incentivo e apoio, pela paciência durante este tempo, por me ensinar durante a graduação as Geotecnologias e a Geografia Física, serei sempre grato pela amizade e confiança depositada nestes anos;

Aos professores Dr. Ailton Luchiari e Dr. Wallace de Oliveira pelas contribuições no Exame de Qualificação, obrigado pelas sugestões e apoio;

A Fundação de Apoio ao Desenvolvimento da Educação de Mato Grosso do Sul – FADEMS, pelo apoio financeiro durante a consultoria realizada;

A Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, campus de Aquidauana, por conceder a oportunidade de ser Professor Voluntário, ministrando a disciplina de Legislação Ambiental e Urbana, grato;

A Alice Yubero, do *Centro de Estudios y Formación para el Ecodesarrollo - ALTER VIDA*, pelo fornecimento de dados oficiais do governo paraguaio, muito grato pela contribuição;

Ao Laboratório de Geoprocessamento (LabGeo), onde foi minha segunda casa na graduação e continua sendo, sempre o palco de grandes projetos, obrigado;

Ao Laboratório de Estudos Ambientais (LABORAM) e ao Laboratório de Sensoriamento Remoto Aplicado (La-Ser) pelo espaço e convivência, grato;

A Prefeitura Municipal de Aquidauana, onde passei neste período, por duas gestões política-administrativa, agradecendo meus ex-chefes Wanderley C. da Rocha e Archibald J. L. S. Macintyre (Mac), agradeço pelas licenças concedidas no período das aulas no mestrado, pela boa convivência profissional.

Aos colegas de trabalho da Gerencia de Planejamento, Habitação e Urbanismo, pelo apoio prestado neste período;

Aos meus companheiros de consultoria, Engenheiro Agrimensor Paulo Bruschi e Engenheiro Civil Rubens Cicalise, pela amizade, parcerias em trabalhos técnicos, ensinamentos práticos e pela vivencia profissional, obrigado por tudo;

Ao meu grande camarada e amigo, Kleber Rodrigo Penteado, pela grande amizade, pelo apoio nas horas difíceis, pela parceria, pelos momentos de descontração e por estar sempre disposto a me ajudar, obrigado grande amigo, serei sempre grato por tudo que fizestes;

Ao Cesar Cardoso Ferreira, por oferecer moradia, pela ajuda e apoio ao longo deste tempo, pelo empréstimo de livros. Obrigado por tudo meu velho e grande amigo;

Ao Hermiliano Felipe Decco, pela amizade, companheirismo, pela ajuda com materiais de grande valia para a produção deste trabalho, agradeço por tudo meu grande amigo;

Ao Leandro Félix da Silva, meu grande amigo e irmão, obrigado pelo apoio, por me ouvir reclamar das situações vivenciadas, incentivo nas horas difíceis e amizade, valeu meu irmão;

A minha grande amiga, Juliana Savick, por sempre “puxar minha orelha”, me fazer entender outros sentidos e deixar de lado o que eu julgava certo. Obrigado pela amizade, pelas horas e horas de conversas e reflexões;

A Andrea Sanches, pela amizade, parceria e apoio nos últimos detalhes da dissertação, grato por tudo.

Epígrafe

“Podrán morir las personas, pero jamás sus ideas” (Ernesto Guevara de la Serna)

RESUMO

A bacia hidrográfica transfronteiriça do rio Apa localiza-se entre os paralelos 22° 36' 51" S e 20° 57' 37" S e os meridianos 55° 52' 28" W e 57° 59' 38" W, com uma área de aproximadamente 15.433,00 km², sendo 11.481,8 km² em território brasileiro e 3.951,2 km² em território paraguaio. Os municípios que integram a bacia do rio Apa em território brasileiro, no Estado de Mato Grosso do Sul são: Ponta Porã, Antônio João, Bela Vista, Caracol, Porto Murtinho, Bonito e Jardim. Em território paraguaio a área da bacia inclui os Departamentos de Concepción e Amambay, contemplando os seguintes municípios: Bella Vista, Concepción, Pedro Juan Caballero, San Carlos e San Lázaro. O objetivo desta pesquisa foi realizar um diagnóstico e prognóstico físico-conservacionista da bacia hidrográfica transfronteiriça do rio Apa, através de dados de sensoriamento remoto e técnicas de geoprocessamento. A síntese das análises físico-conservacionistas é expressa através de uma Proposta de Zoneamento Ambiental. A base teórico-metodológica constituiu-se na realização de análises integradas da paisagem sob a perspectiva Geossitêmica. Os métodos incluíram a delimitação da área da bacia, avaliação paramétrica de terreno, avaliação temporal do uso da terra e cobertura vegetal dos anos de 1987 e 2012, compilação da carta pedológica e geológica, aplicação da legislação ambiental (especificamente a Lei nº. 12.651, de 25 de maio de 2012 e *Ley nº. 422/73 Florestal*) e análise da fragilidade ambiental. O mapeamento temporal do uso da terra e cobertura vegetal indica que a principal atividade econômica da bacia do rio Apa é a pecuária e agricultura extensiva, somadas correspondem a 51,71 % da área total da bacia. O Zoneamento Ambiental foi elaborado a partir de um prognóstico ambiental da bacia transfronteiriça do rio Apa, foram identificadas oito zonas ambientais: a) Zona de Restrição Legal (ZRL); b) Zona de Ocupação Restrita (ZOR); c) Zona de Unidades de Conservação (ZUC); d) Zona Produtiva Rural (ZPR); e) Zona de Assentamento Rural (ZAR); f) Zona de Terras Indígenas (ZTI); g) Zona Urbanizada (ZU) e, h) Zona de Incongruência (ZI). Os resultados obtidos permitiram verificar que as geotecnologias foram de fundamental importância na identificação dos condicionantes físicos e sociais da produção e transformação do espaço da bacia transfronteiriça do rio Apa.

Palavras-chave: geotecnologia, diagnóstico físico-conservacionista, bacia transfronteiriça do rio Apa.

ABSTRACT

The cross-border river basin of rio Apa located between the parallel 22° 36' 51" S and 20° 57' 37" S and the meridians 55° 52' 28" W and 57° 59' 38" W, with an area of approximately 15,433.00 km², being 11,481.8 km² in brazilian territory and 3,951.2 km² in paraguayan territory. The municipalities that are part of the basin of the river Apa in brazilian territory, in the State of Mato Grosso do Sul are: Ponta Porã, Antônio João, Bela Vista, Caracol, Porto Murtinho, Bonito and Jardim. Paraguayan territory in the area of the basin includes the Departments of Concepcion and Amambay, contemplating the following municipalities: Bella Vista, Concepción, Pedro Juan Caballero, San Carlos e San Lázaro. The objective of this research was to perform a diagnostic and prognostic physical-conservationist cross-border river basin of rio Apa, through remote sensing data and geoprocessing techniques. The synthesis of the analyzes physical-conservationists is expressed through the Environmental Zoning. The theoretical-methodological basis was also in the implementation of integrated analyzes of landscape under the perspective Geossitemica. Methods included the demarcation of the area of the basin, parametric evaluation of terrain, temporal evaluation of land use and vegetation cover of the years 1987 and 2012, compilation of the charter pedological and geological features, Implementation of environmental legislation (specifically the Law no. 12,651, may 25, 2012 and Law no. 422/73 Forestry) and analysis of environmental fragility. The temporal mapping of land use and vegetation cover indicates that the main economic activity of the basin of the river Apa is the livestock and extensive agriculture, summed correspond to 51.71 % of the total area of the basin. The Environmental Zoning was prepared from a prognosis environmental transboundary basin of rio Apa, were identified eight environmental zones: a) Zone of Lawful Restriction (ZLR); b) Restricted Area of Occupancy (RAO); c) Zone of Conservation Units (ZCU); d) Productive Rural Zone (PRZ); e) Zone of Rural Settlement (ZRS); f) Zone of Indigenous Lands (ZIL); (g) Zone Urbanised (ZU) and h) Zone of Incongruity (ZI). The results obtained allowed us to verify that the geotechnology were of fundamental importance in the identification of physical and social constraints of the production and processing of the space of the transboundary basin of rio Apa.

Key words: geotechnology, diagnostic physico-conservationist, transboundary basin of rio Apa.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Localização da bacia transfronteiriça do rio Apa.....	46
Figura 2. Mapa Geológico da bacia transfronteiriça do rio Apa.....	48
Figura 3. Mapa Geomorfológico, do lado brasileiro, da bacia transfronteiriça do rio Apa.....	53
Figura 4. Mapa pedológico do lado brasileiro da bacia transfronteiriça do rio Apa ...	60
Figura 5. Mapa dos Domínios de Vegetação no lado brasileiro da bacia transfronteiriça do rio Apa	62
Figura 6. Mapa Pluviométrico da bacia transfronteiriça do rio Apa	64
Figura 7. Mapa Hipsométrico da bacia transfronteiriça do rio Apa.....	71
Figura 8. Perfil longitudinal (corte A – B) do rio Apa.....	72
Figura 9. Perfil transversal (corte A – B) próximo as nascentes do rio Apa e rio Estrela	73
Figura 10. Perfil transversal (corte A – B) no médio curso da bacia do rio Apa	74
Figura 11. Perfil transversal (corte A – B) no baixo curso da bacia do rio Apa	75
Figura 12. Mapa Clinográfico da bacia transfronteiriça do rio Apa.....	76
Figura 13. Mapa de Orientação de Vertentes da bacia transfronteiriça do rio Apa ...	78
Figura 14. Rio Apa, trecho fronteiro com Brasil e Paraguai, localizado no destacamento do Exército da 2ª Cia. de Fronteira	80
Figura 15. Área de vazante, no trecho da MS 384.....	81
Figura 16. Cerradão, no trecho da MS 384	81
Figura 17. a) Movimentação de terra para fins de aterro, localizado no trecho da MS 166 e, b) Manutenção do trecho da estrada MS 384	82
Figura 18. a) Pecuária de corte, em uma propriedade rural e, b) Pecuária extensiva... ..	82
Figura 19. a) Plantação de Milho e ao fundo Soja e, b) Plantação de Feijão em uma pequena propriedade	83
Figura 20. Áreas com monocultura (eucalipto), no trecho da MS 270.....	83
Figura 21. Área urbana do município de Caracol.....	84
Figura 22. Mapa de Uso da Terra e Cobertura Vegetal do ano de 1987 da bacia transfronteiriça do rio Apa	85
Figura 23. Mapa de Uso da Terra e Cobertura Vegetal do ano de 2012 da bacia transfronteiriça do rio Apa	86

Figura 24. Mapa de Mosaico de Unidades de Conservação na bacia transfronteiriça do rio Apa.....	90
Figura 25. Mapa da espacialização das Áreas de Preservação Permanente no lado brasileiro da bacia transfronteiriça do rio Apa.	94
Figura 26. Mapa da cobertura vegetal presente nas APPs	97
Figura 27. Mapa de conflito entre o uso da terra e as APPs	98
Figura 28. Mapa de Potencial Natural à Erosão da bacia transfronteiriça do rio Apa	100
Figura 29. Mapa de Fragilidade Ambiental da bacia transfronteiriça do rio Apa	103
Figura 30. Mapa do Zoneamento Ambiental Preliminar da bacia transfronteiriça do rio Apa.....	109

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Relação entre as unidades de relevo e os graus de fragilidade	40
Tabela 2. Áreas de Importância Biológica e os graus de fragilidade	43
Tabela 3. Uso da terra e cobertura vegetal e os graus de fragilidade	43
Tabela 4. Classes Geológicas mapeadas no lado paraguaio da bacia transfronteiriça do rio Apa	51
Tabela 5. Quadro de áreas das classes altimétricas	70
Tabela 6. Quadro de áreas das classes de declividade	77
Tabela 7. Validação <i>Kappa</i> e Exatidão Global do ano de 2012 da bacia do transfronteiriça do rio Apa	84
Tabela 8. Área ocupada pelas classes temáticas no uso da terra e cobertura vegetal em 1987 e 2012	87
Tabela 9. Criação das Unidades de Conservação na bacia transfronteiriça do rio Apa	91
Tabela 10. Áreas de Preservação Permanente na bacia do rio Apa	95
Tabela 11. Tipos de Uso da Terra em conflito com as Áreas de Preservação Permanente na bacia do rio Apa	96
Tabela 12. Distribuição das classes de Potencial Natural à Erosão	99
Tabela 13. Distribuição das áreas de Fragilidade Natural	102

LISTA DE QUADROS

Quadro 1. Chave de Interpretação para mapeamento de uso da terra e cobertura vegetal.....	36
Quadro 2. Relação entre os graus de fragilidade e os solos	41
Quadro 3. Prognóstico Ambiental Preliminar (PAP)	106

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	16
2. OBJETIVOS	18
2.1 OBJETIVO GERAL	18
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	18
3. REFERENCIAL TEÓRICO-METODOLÓGICO	19
3.1 O geossistema e a teoria Ecodinâmica: subsídio teórico para a análise da paisagem.....	19
3.2 Bacia hidrográfica como unidade de planejamento territorial	22
3.3 Hidropolítica e Legislação em bacias hidrográficas transfronteiriças	27
3.4 Geotecnologias aplicadas ao diagnóstico físico-conservacionista	30
3.4.1 Componentes de um SIG	32
4. METODOLOGIA.....	34
4.1 Levantamento bibliográfico, cartográfico e iconográfico	34
4.2 Avaliação Paramétrica de Terreno	34
4.3 Avaliação temporal das transformações do uso da terra.....	35
4.4 Espacialização da legislação ambiental	38
4.5 Comportamento Pluviométrico	38
4.6 Fragilidade Ambiental.....	40
4.7 Proposta de Zoneamento Ambiental	43
5. LOCALIZAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DA BACIA TRANSFRONTEIRIÇA DO RIO APA.....	45
5.1 Localização da bacia transfronteiriça do rio Apa	45
5.2 Caracterização físico-natural da bacia transfronteiriça do rio Apa	47
5.2.1 Geologia	47
5.2.2 Geomorfologia.....	51
5.2.3 Solos	54
5.2.4 Vegetação	61
5.2.5 Clima	63
5.3 Histórico de ocupação na bacia transfronteiriça do rio Apa.....	65
6. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	69
6.1 Avaliação Paramétrica de Terreno	69

6.2 Uso da Terra e Cobertura vegetal	80
6.3 Mapeamento e Aplicações da Legislação Ambiental	89
6.4 Análise da Fragilidade Ambiental	99
6.4.1 Potencial Natural à Erosão	99
6.4.2 Fragilidade Ambiental	101
6.5 Proposta de Zoneamento Ambiental	105
7. CONSIDERAÇÕES FINAIS	112
8. REFERÊNCIAS	114

1 INTRODUÇÃO

Atualmente a apropriação do espaço em função do modo de produção vigente, faz com que novas áreas sejam exploradas ou tenha o uso intensificado através das ações antrópicas. Nesse contexto, a paisagem é modificada e tem sua estrutura desequilibrada, gerando impactos em sua dinâmica evolutiva.

Dessa maneira, a paisagem deve ser analisada através de um resgate gênico e morfogênico para posteriormente analisar a correlação das características físicas com os aspectos intervencionistas (ações antrópicas). Logo, o conceito de paisagem é abrangente no que tange aos aspectos físicos correlacionando com a relação homem-meio. Esta relação produz e ao mesmo tempo modifica a estrutura evolutiva da paisagem.

Considerando a totalidade da paisagem, representada pelos elementos físicos, biológicos e pelas relações sociais, observa-se que as preocupações em torno das questões ambientais estão cada vez mais em evidência, pois o meio natural compreende a base para a sobrevivência, constituindo-se como palco das relações humanas. Os avanços tecnológicos propiciaram um significativo aumento da rede urbana e o crescimento da produção agropecuária, a fim de atender as necessidades de consumo de uma sociedade. Portanto, devem-se planejar as ações de crescimento econômico e contornar os agentes agressivos dos processos de exploração irracional.

Atualmente é imprescindível uma metodologia conservacionista e preservacionista para análise e investigação da situação real da paisagem em um dado espaço geográfico.

Dessa maneira, o diagnóstico físico-conservacionista é considerado um instrumento de planejamento territorial. O diagnóstico inicia-se no levantamento do meio físico da paisagem, buscando relacionar os aspectos físicos com a ocupação no ambiente. A partir de dados espaciais e atributos do espaço, inicia-se o processo de levantamento de diretrizes conservacionista para a minimização dos impactos causados pelo modo de produção vigente. Essas diretrizes integram o ordenamento territorial.

A bacia hidrográfica é uma unidade de planejamento fundamental da superfície terrestre, considerada como principal unidade fisiográfica do terreno,

porque suas características governam todo o fluxo superficial da água. Constitui, portanto uma área ideal para o planejamento integrado do manejo dos recursos naturais no meio ambiente por ela definido.

De acordo com Rodríguez et al. (2011), as primeiras conceituações de planejamento ambiental em bacias hidrográficas fundamentaram-se no enfoque de manejo das águas de acordo com os diversos tipos de usos.

Atualmente, a bacia hidrográfica passou a ser considerada uma conjunção de fatores ambientais, e nos últimos anos tem-se desenvolvido a ideia do planejamento e manejo ambiental de todos os componentes geoambientais, conforme a prerrogativa legislativa, conforme a Lei nº. 9.433/97 que institui a Política Nacional de Recursos Hídricos e conforme a *Ley nº. 3.239/07 de los Recursos Hidricos Del Paraguay*.

Os limites físicos de uma bacia hidrográfica poderão ultrapassar os limites político-administrativos das unidades de federação. Neste caso, a gestão da bacia hidrográfica deverá envolver questões Hidropolíticas.

A Hidropolítica deverá abarcar as questões político-administrativas dos Estados que detém cursos hídricos fronteiriços e/ou transfronteiriços. Os principais conflitos existentes estão na diferença dos Estados gestores (dentro dos limites legais) em legislar o uso e exploração dos recursos hídricos.

Neste estudo será realizada uma abordagem metodológica para à conservação, manutenção, recuperação e preservação dos recursos naturais em bacias hidrográficas transfronteiriças. Considera-se este diagnóstico preliminar e necessário para o embasamento de outras metodologias aplicadas em bacias transfronteiriças. Em linhas gerais, os aspectos físicos, a produção e ocupação do espaço e as questões políticas-administrativas serão abordadas e correlacionadas, visando à gestão integrada de uma bacia hidrográfica unida por dois países.

A bacia hidrográfica transfronteiriça do rio Apa é a área de análise deste trabalho, localizada entre os paralelos 22° 36' 51" S e 20° 57' 37" S e os meridianos 55° 52' 28" W e 57° 59' 38" W.

Portanto, o objetivo deste trabalho foi realizar um diagnóstico e prognóstico físico-conservacionista da bacia hidrográfica transfronteiriça do rio Apa, através de dados de sensoriamento remoto e técnicas de geoprocessamento. A síntese das análises físico-conservacionistas é expressa através da cartografia temática.

2 OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GERAL

O principal objetivo desta pesquisa é elaborar um diagnóstico e prognóstico físico-conservacionista para a bacia transfronteiriça do rio Apa, por meio de dados de sensoriamento remoto e técnicas de geoprocessamento.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Mapear e avaliar a parametria do terreno através de Modelos Digitais de Terreno (MDT);
- Mapear a evolução temporal do uso da terra e cobertura vegetal nos anos de 1987 e 2012;
- Confeccionar um mapa de legislação ambiental;
- Elaborar um mapa de fragilidade potencial natural à erosão;
- Produzir um mapa de fragilidade ambiental;
- Propor um Zoneamento Ambiental;
- Elaborar um Prognóstico Ambiental.

3 REFERENCIAL TEÓRICO-METODOLÓGICO

3.1 O geossistema e a teoria Ecodinâmica: subsídio teórico para a análise da paisagem

O conceito de paisagem, para a maioria das pessoas (conceito do senso popular), exprime sentimento, mostram aspectos cotidianos, remete lembranças, ou seja, sentimentos e vivência da cultura, costumes, símbolo, imagem ou ícone de um lugar, com valor e vivacidade.

Para Santos (2006), a paisagem é o conjunto de formas que, num dado momento, exprimem as heranças que representam as sucessivas relações localizadas entre homem e natureza. Ainda segundo o autor, a paisagem é um conjunto de objetos reais-concretos. Nesse sentido a paisagem é transtemporal, juntando objetos passados e presentes, uma construção transversal.

A paisagem é a porção perceptível ao observador, onde é inscrito a combinação dos fatos visíveis e invisíveis e as suas devidas interações (TRICART, 1977).

Salgueiro (2001) aponta que a paisagem aparece identificada, pelo menos desde o século XVIII, com a fisionomia de uma dada área, a sua expressão visível.

Para Ab'Sáber (2003), a paisagem é sempre uma herança dos processos fisiográficos e biológicos, e patrimônio coletivo dos povos que historicamente as herdaram como território de atuação de suas comunidades.

Segundo Salgueiro (2001), com o desenvolvimento da biogeografia e de alguns aspectos da geomorfologia mais próximos da ecologia está a base conceitual do conceito de ciência da paisagem de caráter ecológico e profundamente naturalista bem representada na França e Espanha, tendo por referência Bertrand e a escola de Toulouse, bem como Wieber e a escola de Besançon que, em termos metodológicos, se aproximam da teoria de sistemas. A autora afirma que a escola de Besançon tenta conciliar o que há de objetivo e subjetivo nas paisagens através de um modelo sistêmico.

Assim, Crepani et. al (2001), formula através de uma teoria sistêmica, a análise de uma unidade de paisagem natural, elencando a necessidade do conhecimento de sua gênese, constituição física, forma e estágio de evolução, bem como o tipo da cobertura vegetal que sobre ela se desenvolve. Estas informações

são fornecidas pela Geologia, Geomorfologia, Pedologia, Fitogeografia e Climatologia precisam ser integradas para que se tenha um retrato fiel do comportamento de cada unidade frente à sua ocupação.

O conceito de Geossistema, criado em 1963 pelo soviético V. B. Sotchava (Pissinati e Archela, 2009), consiste em um subsídio teórico para a análise da paisagem. Além disso, a paisagem é uma categoria de análise da Geografia, levando em consideração as interações físicas e sociais, partindo de uma análise sistêmica, com o objetivo de gerenciar os processos de desenvolvimento dos territórios.

No decorrer dos seus estudos sobre a paisagem, um conceito resgatado por Bertrand foi o de geossistema, cuja definição se baseava na interconexão de fluxos de matéria e de energia entre os elementos bióticos e abióticos Passos (1997 apud Pissinati e Archela, 2009).

Assim Bertrand (1972), elenca que o geossistema resultaria da combinação de um potencial ecológico (geomorfologia, clima, hidrologia), uma exploração biológica (vegetação, solo, fauna) e uma ação antrópica, não apresentando, necessariamente, homogeneidade fisionômica, e sim um complexo essencialmente dinâmico.

Sotchava (1977), afirma que as ditas paisagens antropogênicas são estados variáveis de primitivos geossistemas naturais, podendo ser referidos à esfera de estudo do problema da dinâmica da paisagem.

Logo, Sotchava (op.cit) considera que os geossistemas são os sistemas naturais, de nível local, regional ou global, nos quais o substrato mineral, o solo, as comunidades de seres vivos, a água e as massas de ar, particulares às diversas subdivisões da superfície terrestre, são interconectados por fluxos de matéria e de energia, em um só conjunto.

Os sistemas ambientais físicos ou geossistemas representam a organização espacial resultante da interação dos elementos componentes físicos da natureza (clima, topografia, rochas, águas, vegetação, animais, solos) possuindo expressão espacial na superfície terrestre e representando uma organização (sistema) composta por elementos, funcionando através dos fluxos de energia e matéria, dominante numa interação areal. As combinações de massa e energia, no amplo controle energético ambiental, podem criar heterogeneidade interna no Geossistema, expressando-se em mosaico paisagístico. Ao lado dos fluxos verticais

de matéria e energia, em função dos diversos horizontes estruturais dos ecossistemas, há os fluxos na dimensão espacial conectando as diversas combinações paisagísticas internas do Geossistema (CHRISTOFOLETTI, 1999).

Corrêa (2009) define o geossistema como um complexo natural que apresenta um padrão espacial (territorial) resultante de sua história, sua autonomia funcional e da função que desempenha no contexto em que está inserido. Enfatiza ainda que os geossistemas são sistemas dinâmicos, pois têm uma história (temporalidade), que precisa ser recomposta como história da dinâmica das paisagens físicas.

O estudo de geossistemas aliado a Geografia Física é capaz de solucionar numerosas dúvidas relacionadas à dinâmica da paisagem e suas mudanças de ordem morfológica, com ou sem indução antrópica. O aporte teórico geossistêmico, indica questões mitigadoras e compensatórias para o meio ambiente, apoiada no planejamento e em medidas de desenvolvimento e reconstrução dos territórios.

A Teoria Ecodinâmica preconizada por Tricart (1977) é interpretada por Bacani (2010), como uma evolução da teoria geossistêmica, uma das principais teorias que nortearam as pesquisas em Geografia Física, apoiadas na concepção de paisagem.

As Unidades Ecodinâmicas baseiam-se no instrumento lógico de sistema e enfoca as relações mútuas entre os diversos componentes da dinâmica e os fluxos de energia/matéria no meio ambiente. Assim sendo, o conceito de Ecodinâmica baseia-se na dinâmica evolutiva da paisagem, correlacionando as ações intempéricas incidentes no meio ambiente.

Em linhas gerais, observa-se que a análise integrada da paisagem é a modulação do sistema ambiental, através da caracterização da sua origem e formação pedogenética, correlacionando os fatores morfogênicos com os condicionantes sociais ou agentes produtores do espaço. Esse arranjo traz o entendimento da dinâmica evolutiva da paisagem e as modificações induzidas pela ação antrópica.

Portanto, a bacia hidrográfica pode ser considerada como um sistema amplo e de funcionamento complexo, o que justifica adotar a análise sistêmica. Dessa maneira, Steinke e Saito (2009) apontam que o geossistema é a melhor metodologia de abordagem do estudo de um ambiente como as bacias hidrográficas, considerando os efeitos da interação entre elementos físicos e antrópicos.

Segundo Diakonov (2002 apud RODRÍGUEZ et. al, 2011), a bacia hidrográfica é um geossistema natural, as redes de drenagem estão formadas pela interação dialética de todos os componentes naturais, nos diversos graus de naturalidade, ou seja, nos diversos graus de modificação e transformação antropogênica.

3.2 Bacia hidrográfica como unidade de planejamento territorial

A noção de bacia hidrográfica obriga, naturalmente, a existência de divisores d'água, cabeceiras ou nascentes, cursos d'água principais, afluentes, subafluentes, bem como, uma hierarquização dos canais escoadouros e uma distribuição dos solos predominantes TUCCI (2004).

Segundo Coelho Neto (1994), a bacia de drenagem ou bacia hidrográfica é uma área da superfície terrestre que drena água, sedimentos e materiais dissolvidos para uma saída comum, num determinado ponto do canal fluvial. O limite de uma bacia de drenagem é conhecido como divisor de drenagem ou divisor de águas. A drenagem de uma região, além de depender da pluviosidade, da topografia, da vegetação e da textura do solo, é também influenciada pela litologia e estrutura das rochas.

A área da bacia hidrográfica é definida pelas características físico-naturais, que determinam o funcionamento de todo o fluxo de matéria e energia ao longo de sua rede de drenagem.

Além dos aspectos físicos que caracterizam a área da bacia hidrográfica, consideram-se as ações antrópicas, que ao longo dos anos vão induzindo e/ou “esculpindo” novos cenários. De acordo com Beltrame (1994), os fatores antrópicos apresentam influência marcante sobre o estado de conservação do meio físico-natural em que se encontra a área da bacia. Entretanto, considera-se que tal influência, pela importância que se apresenta, merece estudos específicos e aprofundados, o que poderia ser feito através de um diagnóstico socioeconômico da bacia.

Segundo Santos (2006), observa-se que a configuração territorial é dada pelo conjunto formado pelos sistemas naturais existentes numa dada área e pelos acréscimos que os homens superimpulseram a esses sistemas naturais. À medida que a história vai fazendo-se, a configuração territorial é dada pelas obras dos

homens. Cria-se uma configuração territorial que é cada vez mais o resultado de uma produção histórica, substituindo o ambiente natural por uma natureza inteiramente humanizada.

Santos (1988) ressalva que quando todos os lugares foram atingidos, de maneira direta ou indireta, pelas necessidades do processo produtivo, criam-se, paralelamente, seletividades e hierarquias de utilização com a concorrência ativa ou passiva entre os diversos agentes, ocorrendo uma reorganização das funções entre as diferentes frações de território. Cada ponto do espaço torna-se então importante, efetivamente ou potencialmente. Sua importância decorre de suas próprias virtualidades, naturais ou sociais, preexistentes ou adquiridas segundo intervenções seletivas.

Nesse sentido, Ross (1992), aborda que o planejamento físico-territorial deve levar em consideração as potencialidades dos recursos e as fragilidades dos ambientes naturais.

De acordo com Rodríguez et al. (2011), as primeiras conceituações de planejamento ambiental em bacias hidrográficas fundamentaram-se no enfoque de manejo das águas de acordo com os diversos tipos de usos. Após essa visão, a bacia hidrográfica passou a ser considerada uma conjunção de fatores ambientais, e nos últimos anos tem-se desenvolvido a ideia do planejamento e manejo ambiental de todos os componentes geoambientais da bacia hidrográfica.

O planejamento físico-territorial consiste na concepção do planejamento como atividade de elaboração de planos de ordenamento espacial, funcionando o plano como um conjunto de diretrizes a serem seguidas e metas a serem perseguidas (quanto aos usos da terra, ao controle da expansão da produção, à provisão de áreas de preservação permanente e etc.). Adaptado de Taylor (1998 apud SOUZA, 2004).

O planejamento regional, ou em um sentido mais amplo, o planejamento territorial, é uma atividade vinculada ao poder público, possuindo um caráter político intervencionista, a fim de garantir o equilíbrio do meio ambiente natural e o direito a cidade.

O planejamento territorial, aqui abordado, utiliza a bacia hidrográfica como área de intervenção política-administrativa. A partir deste princípio, a análise deve ser detalhada em escala de mapeamento coerente. Assim, não se concebe

planejamento em escala geral sem o conhecimento dos aspectos físicos territoriais de uma área.

A legislação ambiental é um instrumento de implantação coercitiva de planejamento territorial. Seus preceitos exercem ações prevencionistas no meio ambiente, visando o equilíbrio socioambiental.

O mapeamento da legislação ambiental pode ser definido como a espacialização dos aspectos legislativos referentes ao ambiente passíveis de serem cartografados (BACANI, 2010).

O mapa de legislação ambiental caracteriza-se como uma das principais ferramentas voltadas ao ordenamento territorial, pois combinado com os mapas de uso da terra, cobertura vegetal e de fragilidade ambiental, possibilita o estabelecimento de zonas homogêneas da paisagem, onde se propõe recomendações referentes aos modos de exploração sustentável do ambiente (BACANI, op.cit).

O planejamento territorial utiliza diversos instrumentos que visam facilitar à tomada de decisões pertinentes a mitigação dos agentes degradadores da paisagem natural. O diagnóstico físico-conservacionista é considerado um instrumento de planejamento, pois, está calçado no campo do conhecimento geográfico, devido à análise da integração entre o meio físico-natural e as atividades humanas, neste caso tendo como unidade fisiográfica a bacia hidrográfica.

Na proposição apresentada para a formulação do diagnóstico físico-conservacionista, os elementos físico-naturais da bacia hidrográfica são primeiramente enfocados; são assim abordados o relevo (delimitação geográfica da bacia hidrográfica, hipsometria e declividade), a dinâmica espacial da radiação (orientação de vertentes), as características pedológicas e geológicas, a formação da cobertura vegetal e seus domínios, a espacialização do comportamento pluviométrico e o potencial natural à erosão. Num segundo momento da elaboração do diagnóstico, são levados em consideração aspectos relativos ao uso da terra e cobertura vegetal (que envolve tanto aqueles elementos derivados da dinâmica natural como a vegetação natural, quanto àqueles atinentes à ação antrópica, como a vegetação secundária, agricultura, edificações e outras aplicações de técnicas de

produção no espaço), além da degradação ambiental e o cumprimento legislação ambiental (notadamente a Lei nº. 12.651, de 25 de maio de 2012¹).

Os estudos integrados de um determinado território pressupõem o entendimento da dinâmica de funcionamento do ambiente natural com ou sem a intervenção humana. Assim a elaboração do zoneamento ambiental deve partir da adoção de uma metodologia de trabalho baseada na compreensão das características e da dinâmica do ambiente natural e do meio sócio econômico (ROSS, 1994).

A confrontação entre os dados de campo e a cartografia permite estabelecer uma proposta preliminar de zoneamento ambiental, ao mesmo estabelecer de diretrizes para o planejamento territorial da bacia hidrográfica.

Para realizar o zoneamento ambiental é necessário o conhecimento da realidade do espaço geográfico e as especificidades dos elementos do meio físico e da sociedade (SILVA, 2007).

Silva e Rodriguez (2007) consideram que o zoneamento é um produto de planejamento que propõe um tipo de uso funcional e um conjunto de funções ambientais que um determinado espaço deverá sujeitar-se ao planejamento de diversos cenários. Essas noções refletem uma determinada diferença em relação ao processo de ordenamento ou zoneamento ecológico, que espelha a organização ecossistêmica e articula a relação entre os organismos vivos e seu entorno natural.

De acordo com Morais 1997 (apud DEAMO, 2008), o conhecimento do uso atual da terra é um pré-requisito importante para o planejamento integrado da bacia hidrográfica. Esta, ao ser representado em um plano cartográfico transforma-se em um material indispensável para a definição do grau de proteção fornecido ao solo pela cobertura vegetal atual, do grau de degradação da cobertura vegetal original, do uso racional da terra, auxiliando também na definição da aptidão para o uso agrícola. Além de fornecer informações sobre o tipo de produção inserida na área da bacia.

A avaliação paramétrica de terreno apresenta os seguintes documentos cartográficos: hipsometria, clinografia e a orientação de vertentes OLIVEIRA (1984).

¹ Dispõe sobre a proteção da vegetação nativa; altera as Leis nºs 6.938, de 31 de agosto de 1981, 9.393, de 19 de dezembro de 1996, e 11.428, de 22 de dezembro de 2006; revoga as Leis nºs 4.771, de 15 de setembro de 1965, e 7.754, de 14 de abril de 1989, e a Medida Provisória nº 2.166-67, de 24 de agosto de 2001; e dá outras providências.

A avaliação paramétrica utiliza os modelos numéricos de terreno (MNT), para representar as feições do relevo terrestre.

A cartografia da orientação de vertentes permite observar a disposição de suas vertentes em relação às suas orientações; tal disposição embasa a análise do fluxo de energia solar na área, ou seja, possibilita a identificação das áreas que recebem maior ou menor quantidade de calor e luminosidade dentro de uma bacia hidrográfica (MENDONÇA, 1999).

A identificação e análise da hipsometria da bacia hidrográfica possibilitam a observação da variação altimétrica do relevo da área, fato importante na análise de processos relativos à dinâmica de uso da terra (MENDONÇA, op.cit).

A declividade do terreno exerce influência na maior ou menor infiltração de água da chuva e na velocidade do escoamento superficial. Com o terreno desprotegido de cobertura vegetal, ocorre o aumento da velocidade do escoamento superficial contribuindo para o aumento dos processos erosivos, elevando as cargas de sedimentos e de diversas matérias nos cursos hídricos.

A cobertura vegetal é importante na manutenção dos recursos naturais renováveis. Além de exercer papel essencial na manutenção do ciclo da água, aumenta a porosidade e permeabilidade do solo através da ação das raízes, reduzindo o escoamento superficial, mantendo a umidade e a fertilidade do solo pela presença de matéria orgânica. A proteção dada ao solo pela mata nativa resulta em menores perdas de solo e maior capacidade de retenção de água (BELTRAME, 1994).

A maior importância da intensidade pluviométrica é facilmente verificada quando se observa que uma elevada pluviosidade anual, mas com distribuição igual ao longo de todo período, isso tem um poder erosivo muito menor do que uma precipitação anual mais reduzida que se despeja torrencialmente num período determinado do ano (CREPANI et al., 2001).

A bacia hidrográfica é uma unidade de planejamento fundamental da superfície terrestre, considerada como principal unidade fisiográfica do terreno, porque suas características governam, no seu interior, todo o fluxo superficial da água. Constitui, portanto uma área ideal para o planejamento integrado do manejo dos recursos naturais no meio ambiente por ela definido. O planejamento territorial de uma bacia hidrográfica deve ser sistêmico, analisando todos os fatores potenciais a proteção e a degradação da bacia hidrográfica TUCCI (2004).

3.3 Hidropolítica e Legislação em bacias hidrográficas transfronteiriças

Elhance (1999 apud BROCH, 2008) define Hidropolítica como o estudo sistemático das questões que envolvem os conflitos e a cooperação entre Estados que possuem recursos hídricos que transcendem seus limites político-administrativos.

O conceito de Hidropolítica deverá abarcar as questões político-administrativas dos Estados que detém cursos hídricos fronteirios e/ou transfronteirios. Os principais conflitos existentes estão na diferença dos Estados gestores em legislar o uso e exploração dos recursos hídricos.

Na prática, não existem instituições ou autarquias que resolvam os diferentes interesses e que coordenem a partilha de recursos hídricos transfronteirios de acordo com o grau e interdependência hidrológica dos sistemas compartilhados nos países limítrofes PNUD (2006 apud BROCH, 2008).

Cada Estado possui uma necessidade particular de uso na bacia hidrográfica transfronteiriça. Os territórios podem possuir grande representatividade na área da bacia e pouco explorarem o curso hídrico ou o inverso.

O gerenciamento de águas transfronteiriças envolverá, também, as questões de âmbito político e administrativo ligadas à política internacional, ao relacionamento bilateral entre os dois países e às políticas públicas específicas para áreas de fronteira (SAE, 2013).

Em linhas gerais, Lopéz (2004) sugere que a gestão de bacias transfronteiriças considere o fortalecimento e a delimitação clara dos normativos e das competências dos distintos níveis que integram as entidades institucionais ou unidades político-administrativas para a gestão da bacia hidrográfica. Nesse sentido, a realização do ordenamento territorial, deve contemplar as necessidades econômicas futuras e o crescimento populacional, de acordo com a capacidade de carga e a viabilidade técnica sustentável de uso e ocupação na bacia hidrográfica.

Além das questões que envolvem particularidades e diversos interesses no uso e exploração dos recursos hídricos, o planejamento e a gestão das águas em cada unidade político-administrativa se diferem, acarretando conflitos gerenciais na bacia hidrográfica, logo esta, considerada como unidade de planejamento.

Observando o disposto no Art. 1º item V, da Lei nº. 9.433/97, que institui a Política Nacional de Recursos Hídricos e o *Artículo 3º inc. “d” de La Ley nº. 3.239/07*

de los Recursos Hidricos Del Paraguay, os instrumentos legislativos apresentados possuem uma similaridade em adotar, a bacia hidrográfica como uma unidade básica de planejamento e gestão dos recursos hídricos.

No Brasil, a Constituição Federal (BRASIL, 1988) trata da água nos dispositivos referentes ao domínio público (arts. 20 II e 26 I), à competência legislativa (arts. 22 IV e 24 VI), à competência administrativa (art. 23 VI e VII), à instituição do Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos (art. 21 XIX) e ao direito ao meio ambiente ecologicamente equilibrado (art. 225).

No que se refere aos corpos d'água fronteiriços e transfronteiriços, o artigo 20, itens I e II da Constituição Federal (BRASIL, 1988), conferiu-os ao domínio da União. Assim, são bens da União: lagos, rios, quaisquer correntes de água que sirvam de limites com outros países, ou se estendam a território estrangeiro ou deles provenham, bem como os terrenos marginais e as praias fluviais.

Tratando-se de corpos d'água transfronteiriços, a *Ley n.º. 3.239/07* apresenta:

Artículo 8º - La gestión de los recursos hídricos compartidos con otros países, se regirá y/o normará por los tratados, convenios y acuerdos internacionales aprobados y ratificados por el Congreso Nacional y que se encuentren en vigencia.

Assim em 11 de Dezembro de 2002, a Moção n.º. 14, publicada no Diário Oficial da União em 10 de Março de 2003, aprova que o Ministério das Relações Exteriores inicie entendimentos com o governo paraguaio no sentido de desenvolver uma agenda de trabalho, para promover a gestão compartilhada da Bacia do Rio Apa.

Pereira et al. (2008) afirmam que o Brasil e Paraguai assinaram, após três anos da Moção n.º. 14, em 11 de setembro de 2006, o Acordo de Cooperação para o Desenvolvimento Sustentável e a Gestão Integrada da Bacia Hidrográfica do Rio Apa, visando ao desenvolvimento sustentável e gestão integrada dos recursos da bacia hidrográfica do rio Apa. Ainda segundo o autor, a medida possibilitará aos dois países ações coordenada que garantam a preservação e o uso racional dos recursos dessa área.

Ao se tratar de uma ação conjunta de gestão e ordenamento territorial em uma bacia transfronteiriça, Lopéz (2004), acrescenta a necessidade de fortalecimento da participação local, pois, os atores locais têm um papel chave na

implantação de ações de reabilitação, proteção, conservação, produção, e manejo das bacias.

A Lei nº. 9.433/97 e a *Ley nº. 3.239/07* garantem o proposto por Lopéz (2004), elencando que a gestão dos recursos hídricos deve ser descentralizada, participativa, incluindo o Poder Público, os usuários e a comunidade inserida na unidade de planejamento a que se aplicam estas normativas.

A gestão compartilhada e participativa poderia ser formulada através da criação de um comitê de bacia hidrográfica transfronteiriças ou comissões bilaterais mistas. Segundo SAE (2013), exigirá efetiva integração e cooperação, de forma harmônica, entre diferentes níveis e órgãos de gestão, monitoramento e informações dos países envolvidos.

Os comitês de bacia hidrográfica são os órgãos locais do Sistema de Gerenciamento de Recursos Hídricos (SINGREH), criado pelo Art. 32 e seguintes da Lei de Águas. É por meio dos comitês que é feita a descentralização da gestão, no nível das bacias hidrográficas, e são eles os responsáveis por “promover o debate das questões relacionadas a recursos hídricos e articular a atuação das entidades intervenientes”, entre outras atribuições.

De acordo com SAE (2013), os comitês de bacia tem papel importante na gestão de águas transfronteiriças, pois tem o potencial de identificar conflitos de uso ou de gestão de recursos hídricos originários ou relacionados ao país vizinho, bem como sinalizar os usos que possam impactar a gestão da água do outro lado da fronteira. Tal importância não é apenas uma característica dos comitês a serem criados em bacias de rios fronteiriços ou transfronteiriços (de domínio da União), mas também nas bacias e sub-bacias de domínio estadual que são tributárias daqueles. A identificação dos usos, potenciais conflitos e fragilidades da gestão de rios em área de fronteira são fundamentais para a definição das políticas de gestão compartilhada ou mesmo para a celebração de acordos e tratados. Nesse sentido, a formação e atuação de comitês de bacia hidrográfica nestas regiões devem ser incentivadas.

3.4 Geotecnologias aplicadas ao diagnóstico físico-conservacionista

As mudanças ambientais, econômicas, sociais e culturais ocorridas na segunda metade do século XX e no início do século XXI, proporcionaram avanços nas diferentes áreas do conhecimento científico.

A ciência geográfica passa a ter precisão, conforme Rosa e Leite (2006), a Geografia Quantitativa surgiu na escola anglo/saxônica, adotando o neopositivismo como base filosófica, essa nova corrente aplicou a matemática nos estudos geográficos, pois acreditava tornar a Geografia mais precisa. A teoria dos sistemas e dos modelos, além do uso da estatística, foram os métodos avaliativos que marcaram a Geografia Quantitativa.

Acompanhando os processos de transformações e adaptação das ciências as novas realidades, algumas transformações foram significativas na Ciência Geográfica. Além da precisão nas informações geográficas, podemos destacar o uso de tecnologias aplicadas ao reconhecimento do território (ROSA e LEITE, op.cit).

O geoprocessamento foi um instrumento utilizado e aprimorado pela Geografia Quantitativa nos anos 70, sendo uma das grandes contribuições para ampliar o conhecimento geográfico. Tendo a computação e a matemática como base para implantação desse novo método de estudo, a geografia, em suas variadas correntes, pode proporcionar aos seus estudos uma ferramenta de precisão para seus estudos espaciais (ROSA e LEITE, op.cit).

O geoprocessamento, ou geotecnologias é o conjunto de tecnologias destinadas à coleta e tratamento de informações espaciais (ROSA, 2005). As geotecnologias envolvem a utilização de um conjunto de recursos computacionais e metodológicos para o cumprimento de suas funções, entre esses, os SIGs e o sensoriamento remoto (ALMEIDA, 2009).

Assim, o termo geoprocessamento utiliza o uso de *Global Positioning System* (GPS), sensoriamento remoto, SIG e cartografia digital, para aquisição de dados e tratamento da informação geográfica e que vem influenciando de maneira crescente nas áreas de cartografia, análise de recursos naturais, planejamento urbano, regional dentre outros (CAMARA e MONTEIRO, 2001).

O termo geoprocessamento é uma tecnologia ou um conjunto de tecnologias voltadas à coleta e tratamento de informações espaciais, o que torna o termo muito amplo no conhecimento científico, e abriga diversas sub-áreas, tais como: a

Cartografia, o Sensoriamento Remoto, os Sistemas de Posicionamento Global (GPS, GLONASS, GALILEO), a Topografia, entre outras, na etapa de coleta, e na fase do tratamento integrado dos dados espaciais destacam-se os Sistemas de Informação Geográficas (SIGs) BACANI (2010).

Os SIGs constituem-se numa das principais ferramentas do geoprocessamento, cuja área de atuação envolve a coleta e tratamento de informação espacial, assim como o desenvolvimento de novos sistemas e aplicações (ROSA, 2005).

O SIG designa um sistema composto de *hardware*, *software* e dados (LANG e BLASCHKE, 2009).

Na visão de Martinelli (2003), os SIGs são dispositivos automatizados, para aquisição, gerenciamento, análise e apresentação dos dados georreferenciados que interessam ao espaço objeto de estudo geográfico, monitorados no tempo, além de propiciar simulações de eventos e situações complexas da realidade.

Existem diferentes conceitos de SIG, dentro de suas perspectivas e finalidades, os autores não mostram um consenso na definição de SIG. Assim, González et. al (2012), apontam quem existem três diferentes perspectivas de aproximação:

“una basada en las funcionalidades, en la capacidad para crear modelos digitales de la realidad y en la potencialidad de las herramientas que esta disciplina proporciona; otra entendida como una extensión del concepto en sí de base de datos, enfatizando en las diferencias en cuanto a la estructuración de los mismos y las distintas posibilidades de manejo de la información espacial; y la tercera atendiendo a aspectos que podríamos denominar “organizativos” o de las instituciones y personas que manejan la componente geográfica, donde los SIG se configuran como potentes sistemas de información de ayuda a la gestión y a la toma de decisiones”.

Portanto a definição a ser empregada para SIG ou GIS (do inglês *Geographic Information System*) é:

“um conjunto de ferramentas computacionais composto de equipamentos e programas que, por meio de técnicas, integra dados, pessoas e instituições, de forma a tornar possível a coleta, o

armazenamento, o processamento, a análise e a oferta de informação georreferenciada produzida por meio de aplicações disponíveis, que visam maior facilidade, segurança e agilidade nas atividades humanas referentes ao monitoramento, planejamento e tomada de decisão relativa ao espaço geográfico” ROSA (2005).

3.4.1 Componentes de um SIG

De acordo com Rosa (2005), os componentes de um SIG são: hardware, software, dados, usuários e metodologias ou técnicas de análise.

Hardware – Trata-se do componente físico da estrutura do computador propriamente dito, com seus elementos físicos interligados (computador e seus periféricos), necessários a execução do software. Além de providenciar espaço para o armazenamento dos programas e dados geográficos.

Software – Programa, inserido em um sistema operacional, cuja finalidade é coletar, armazenar, processar e analisar dados geográficos. O software contempla basicamente quatro módulos:

- Coleta, padronização, entrada e validação de dados;
- Armazenamento e recuperação de dados;
- Análise e geração de informação;
- Saída e apresentação de resultados.

Dados – Trata-se de uma coleção de mapas e informações associadas na forma digital (vetoriais ou raster). A base de dados pode ser formada por dois elementos – uma base de dados espacial descrevendo a forma e posição de elementos da superfície terrestre e uma base de dados com os atributos descrevendo as características ou qualidades destes elementos. Em alguns sistemas, as bases de dados espaciais e de atributos são distintas uma das outras, enquanto em outros elas estão integradas muito proximamente numa única entidade. O dado espacial ou geográfico pode assumir três formas distintas: ponto, linha e área. Ao dado espacial atribuem-se valores ou atributos do espaço geográfico. As feições vetoriais são mais comumente representadas em arquivos *shapefile* (SHP). O formato SHP é um dos padrões de armazenamento de feições vetoriais mais utilizados em SIG, podendo ser manipulado em vários *softwares*.

Usuários – Pessoa capacitada para manipular e operar o SIG, responsável por projetar, programar, usar e prestar assistência ao SIG.

Metodologia ou técnicas de análise – Segundo Bacani (2010), a metodologia é um procedimento tomado a partir de um objetivo definido submete seus dados a um tratamento específico, a fim de obter os resultados desejados.

As geotecnologias surgiram recentemente na ciência geográfica e com o avanço tecnológico esta ciência também passa por rápidas mudanças tecnológicas, garantindo dados precisos e com baixo custo financeiro. Com isso, a geotecnologia é um importante instrumento para a análise de bacias hidrográficas e demais análises referentes à transformação da paisagem natural.

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

Com a criação de um banco de dados georreferenciados de alta qualidade é possível manipular as informações alfa-numéricas, raster e vetoriais, a fim de garantir precisão na tomada de decisões referentes ao planejamento e gestão da bacia hidrográfica analisada.

4 METODOLOGIA

4.1 Levantamento bibliográfico, cartográfico e iconográfico

Os procedimentos metodológicos para a formulação do diagnóstico físico-conservacionista da bacia transfronteiriça do rio Apa, apoiaram-se nas propostas de: Beltrame (1994), Oliveira (1984), Mendonça (1999), Crepani et al. (2001) e Ross (1994).

A coleta de dados e consulta de referências na literatura especializada foram às etapas iniciais da proposta de pesquisa. Foram levantados os seguintes dados: materiais cartográficos e materiais iconográficos (imagens raster).

Foram utilizados os dados secundários, em formato *shapefile*, do Plano de Conservação da Bacia do Alto Paraguai – PCBAP (1997), o Projeto Radambrasil (1982), CPRM (1999), *Proyecto para la Protección Ambiental y Desarrollo Sostenible del Sistema Acuífero Guaraní - Región Oriental del Paraguay* (2007), Macrozoneamento (1985) e Projeto GeoMS (2012) e cartas topográficas, em escala de 1:100.000 da Diretoria de Serviço Geográfico - DSG.

Os materiais iconográficos utilizados foram:

- Imagem de satélite LANDSAT-5, sensor TM (*Thematic Mapper*); órbita ponto: 224/73, 224/74, 225/73, 225/74, 226/73, 226/74; bandas 3, 4 e 5.
- Imagem de satélite IRS-P6 (RESOURCESAT-1), sensor LISS-III - (*Linear Imaging Self-Scanner*), órbita ponto: 320/093, 320/094, 321/093, 321/094, 322/093, 322/094; bandas 3, 4 e 5.
- Imagem de radar SRTM, contendo uma grade numérica interpolada por krigeagem para 30m por Valeriano (2008).

4.2 Avaliação Paramétrica de Terreno

A avaliação paramétrica de terreno foi aplicada com base em modelos digitais de terreno (MDT), segundo procedimentos descritos em Oliveira (1984). Os produtos utilizados para descrever a parametria dos terrenos foram: a altitude (hipsometria), declividade (clinografia) e orientação de vertentes.

A imagem de RADAR interferométrico SRTM (*Shuttle Radar Topography Mission*), com 30 metros de resolução espacial, disponibilizada gratuitamente no site

do INPE (www.dpi.inpe.br/topodata), foi submetida ao comando *Focal Statistics*, que neste caso se trata de um filtro de médias com 3x3 células de dimensão. Este procedimento foi necessário, para evitar erros sistemáticos durante o processo de obtenção da imagem. Em seguida, o SRTM “filtrado” é conduzido ao comando *Fill* que remove as depressões espúrias. Ambos os procedimentos foram realizados, na extensão *Spatial Analyst Tools*, do *ArcGis 10.0®*.

Após o processo de tratamento, o SRTM foi utilizado para a geração das curvas de nível, com equidistância de 30 metros, que auxiliaram na delimitação da área da bacia, na correção da rede de drenagem obtida do Projeto GeoMS (2012) e na espacialização das feições do relevo.

Posteriormente confeccionou-se o mapa hipsométrico com o fatiamento em nove classes, de maneira a contribuir para o entendimento da compartimentação geomorfológica e da dinâmica de uso da terra.

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

O mapa de orientação de vertentes foi elaborado de modo a representar os diferentes graus azimutais de exposição das vertentes, sendo fatiadas em quatro classes de análise com as variações: 315° a 45° (N), 45° a 135° (E), 135° a 225° (S), 225° a 315° (W), segundo a proposta de Mendonça (1999).

4.3 Avaliação temporal das transformações do uso da terra

O Uso da terra representa as técnicas empregadas para a produção e transformação do espaço geográfico. A base conceitual proposta pelo IBGE (2006), está voltada para a observação e síntese do conjunto e das particularidades do uso da terra, orientadas segundo a distribuição geográfica dos recursos da terra, da sua apropriação social e das transformações ambientais, bem como procedimentos técnicos de levantamento e mapeamento.

Para a geração dos mapas de uso da terra e cobertura vegetal dos anos de 1987 e 2012, foram utilizados mosaicos de imagens dos seguintes satélites:

LANDSAT-5, sensor TM (*Thematic Mapper*), datadas em Agosto de 1987, sendo usadas às bandas 3B, 4R e 5G para a composição colorida e IRS-P6 (RESOURCESAT-1), sensor LISS-III - (*Linear Imaging Self-Scanner*), datadas em Julho de 2012, do sendo usadas às bandas 3B, 4R e 5G para a composição colorida. Para o registro das imagens, utilizaram-se pontos de controle baseando-se no mosaico de imagens georreferenciadas do satélite LANDSAT-5, sensor TM (*Thematic Mapper*), datada em Maio de 2006. Todas as imagens de satélite utilizadas nos mapeamentos foram obtidas gratuitamente no site do INPE (www.dgi.inpe.com.br/CDSR), em formato digital.

Os mosaicos de imagens de satélites foram realizados através do processo de equalização automática com linha de corte, através do algoritmo de Correspondência de Histograma (*Histogram Match*), no *ArcGis 10.1®*.

A Chave de interpretação foi elaborada para auxiliar na fotointerpretação das feições geoespaciais, para a análise dos anos de 1987 e 2012, conforme apresentado no Quadro 1.

Quadro 1. Chave de Interpretação para mapeamento de uso da terra e cobertura vegetal.

Classes Temáticas	Amostras	Cor/Tonalidade	Textura/Forma
Áreas de Cultivo		Azul/Ciano	Média-Rugosa Regulares/Irregulares
Água		Azul Escuro	Lisa Irregulares/Retilínea Curvilínea
Áreas Úmidas		Verde Musgo Cinza Escuro	Média-Rugosa Irregulares
Pastagem		Verde/Amarelo Claro	Média-Rugosa Regulares/Irregulares
Solo Exposto		Branco	Lisa/ Irregulares
Mata		Vermelho	Rugosa/ Irregulares
Reflorestamento		Vermelho	Média-Rugosa/ Regulares
Área Urbana		Mistura de cores, com predomínio do ciano, seguido pelo magenta	Rugosa/ Irregulares

Em todas as imagens, foram aplicadas o contraste linear e posteriormente submetidas à classificação supervisionada por regiões.

O algoritmo utilizado foi o Bhattacharya para o procedimento de classificação. O classificador de Bhattacharya é um algoritmo de classificação supervisionada que requer a seleção de áreas de treinamento, podendo utilizar as regiões separadas durante o processo de segmentação ou polígonos representativos das regiões a serem classificadas. Ele utiliza as amostras de treinamento para estimar a função densidade de probabilidade das classes apontadas no treinamento. Em seguida, avalia, em cada região, a distância de Bhattacharya entre as classes, conforme Equação 1 (MOREIRA, 2005). A etapa de segmentação pautou-se na utilização do método de crescimento de regiões. Por meio do método exploratório definiram-se os limiares de similaridade e área (*pixels*) os quais correspondem aos valores 5 e 20 respectivamente.

$$B(pi, pj) = \frac{1}{2}(m1 - m2)^T \sum (mi - mj) + \frac{1}{2} \ln \frac{|\sum (mi - mj)|}{|\sum i|^{\frac{1}{2}} |\sum j|^{\frac{1}{2}}} \quad (1)$$

Onde:

B = distância de Bhattacharya;

Pi e pj = pixels nas classes i e j;

mi e mj = médias das classes i e j;

T = matriz transposta;

ln = logaritmo neperiano;

i e j = classes dentro do contexto.

A validação da classificação pautou-se na confrontação de 100 amostras de campo (realizado em 01/06/2012), com distribuição dos valores entre as classes, no mapa temático classificado, segundo os parâmetros estatísticos: índice de concordância *Kappa* (Equação 2) e acurácia global (Equação 3):

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

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

Onde:

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

k : número de linhas;

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

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

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

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

N : número de observações total.

Após o emprego do algoritmo de classificação, o produto temático passou pelo processo de avaliação do desempenho do classificador, onde foram obtidos dados obtidos de campo (pontos de GPS e análise foto-descritiva) para confrontação do mapeamento com os dados avistado a campo. As correções foram realizadas através da edição matricial.

4.4 Espacialização da legislação ambiental

A determinação das Áreas de Preservação Permanente pautou-se na proposta de Silva (2003), baseada na análise da proximidade, também conhecida como operação de *buffer* ou análise de corredores. Esta operação consiste em gerar subdivisões geográficas bidimensionais na forma de faixas, cujos limites externos possuem uma distância fixa x e cujos limites internos são formados pelos limites da expressão geográfica em exame. A análise de proximidade é efetuada na forma simples, sendo determinada uma única faixa. Nesta faixa são espacializadas as Áreas de Preservação Permanentes (APPs) em confronto com o tipo de uso da terra.

4.5 Comportamento Pluviométrico

A variabilidade espacial pluviométrica foi elaborada a partir de médias anuais pluviométricas disponíveis entre os anos de 1970 a 2007, para o lado brasileiro e as médias anuais calculadas a partir dos dados apresentados nos boletins da *Unidad*

de *Gestión de Riesgos (UGR) del Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG)*, do ano de 2007, para o lado paraguaio.

Utilizaram-se no território brasileiro, os dados pluviométricos de 18 (dezoito) estações meteorológicas da Agência Nacional das Águas (ANA), (disponível em <http://www.cpa0.embrapa.br/clima/>) as estações meteorológicas estão localizadas nos municípios de Amambai, Antonio João, Bela Vista, Bonito, Caracol, Coronel Sapucaia, Dourados, Guia Lopes da Laguna, Laguna Carapã, Maracaju, Nioaque e Porto Murtinho.

No território paraguaio, foram utilizadas 6 (seis) estações meteorológicas, com os dados pluviométricos obtidos através dos *Boletín “Unidad de Gestión de Riesgos”* (PARAGUAY, 2007). As estações meteorológicas estão localizadas nos Departamentos de *Amambay, Alto Paraguay, Concepcion, Central e Pte. Hayes*.

Para espacialização da pluviosidade foi empregado o método de interpolação, denominado Krigagem, que consiste em um método geoestatístico que leva em consideração as características espaciais de autocorrelação de variáveis regionalizadas (LANDIM, 2000).

A partir dos valores obtidos de intensidades pluviométricas e suas relações com a vulnerabilidade à perda de solo será adaptada, entre os valores máximo de vulnerabilidade à perda de solo (CREPANI et al., 2001) e os graus de fragilidade definido por Ross (1994), na qual obteve-se o grau de fragilidade e o peso, conforme a Equação 4.

$$IP = PMA/DPC \quad (4)$$

Onde:

IP = Intensidade Pluviométrica

PMA = Precipitação Média Anual

DPC = Duração do Período Chuvoso

A partir dos valores obtidos de intensidades pluviométricas e suas relações com a vulnerabilidade à perda de solo foi elaborada uma adaptação metodológica com base numa regra de três simples entre os valores máximo de vulnerabilidade à perda de solo (Crepani et al., 2001) e os graus de fragilidade definido por Ross (1994).

4.6 Fragilidade Ambiental

A análise da fragilidade ambiental foi norteadada pela adaptação metodológica das propostas de Ross (1994) e Crepani et al. (2001) com o acréscimo das áreas de Importância Biológica, reconhecidas pelo Decreto no. 5092, de 21 de maio de 2004 e instituídas pela Portaria nº 126 de 27 de maio de 2004 do Ministério do Meio Ambiente (MMA) como "Áreas Prioritárias para a Conservação, Uso Sustentável e Repartição de Benefícios da Biodiversidade Brasileira".

O conhecimento das potencialidades dos recursos naturais passa pelos levantamentos dos solos, relevo, clima, flora, enfim de todos os componentes do estrato geográfico.

Os produtos cartográficos empregados na análise da fragilidade ambiental foram: Solos, Intensidade Pluviométrica, Clinográfico, Importância Biológica e o Uso da Terra e Cobertura Vegetal do ano de 2012.

Para a elaboração do mapa de fragilidade ambiental, inicialmente foi feita a conversão dos dados vetoriais para a estrutura matricial (formato *Grid*.) e posteriormente a reclassificação, por meio da ferramenta *Reclassify*.

Posteriormente os dados foram submetidos aos métodos de combinação de mapas, sobreposição ponderada.

Para os procedimentos de reclassificação e sobreposição ponderada, utilizou-se a extensão *Spatial Analyst Tools* no *ArcGIS 10*®.

Seguindo o proposto por Ross (1994), atribuiu-se pesos ao mapa clinográfico e ao mapa de solos, atribuindo valores as classes mapeadas. De acordo com o proposto por Crepani et al. (2001) a atribuição de pesos (valores) foram nas classes de intensidades pluviométricas.

Assim, as relações entre as classes mapeadas e os pesos são exemplificados na Tabela 1 e no Quadro 2.

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

Graus de fragilidade	Clinografia	Pesos
Muito Fraca	até 6%	1
Fraca	de 6% a 12%	2
Média	de 12% a 20%	3
Forte	de 20% a 30%	4
Muito Forte	acima de 30%	5

Fonte: ROSS (1994).

Quadro 2 – Relação entre os graus de fragilidade e os solos.

Graus de fragilidade	Tipos de Solos		Pesos
	Macrozoneamento (1985)		
Média	Argissolo Vermelho-Amarelo com textura argilosa	3	
Forte	Argissolo Vermelho-Amarelo com textura média	4	
Média	Argissolo Vermelho-Amarelo com textura média e média/argilosa	3	
Média	Argissolo Vermelho-Amarelo Eutrófico com textura argilosa	3	
Muito Forte	Argissolo Vermelho-Amarelo Eutrófico com textura argilosa cascalhenta	5	
Forte	Argissolo Vermelho-Amarelo Eutrófico com textura argilosa e média cascalhenta/argilosa cascalhenta	4	
Média	Argissolo Vermelho-Amarelo Eutrófico com textura média/argilosa	3	
Média	Argissolo Vermelho-Amarelo Eutrófico com textura média/argilosa e arenosa/média	3	
Média	Argissolo Vermelho-Amarelo Eutrófico com textura muito argilosa	3	
Média	Argissolo Vermelho-Amarelo Eutrófico com textura muito argilosa e argilosa	3	
Média	Chernossolo Rêndzico	3	
Média	Gleissolo Timórfico	3	
Média	Gleissolo Timórfico com textura média/argilosa	3	
Muito Baixa	Latossolo Vermelho Ácrico com textura argilosa	1	
Baixa	Latossolo Vermelho Ácrico com textura argilosa e média	2	
Baixa	Latossolo Vermelho Ácrico com textura média e argilosa	2	
Muito Baixa	Latossolo Vermelho Ácrico com textura muito argilosa	1	
Muito Baixa	Latossolo Vermelho Aluminoférrico com textura muito argilosa	1	
Muito Baixa	Latossolo Vermelho Eutroférico com textura argilosa e muito argilosa	1	
Muito Baixa	Latossolo Vermelho Eutroférico com textura argilosa	1	
Muito Alta	Neossolo Litólico com textura arenosa cascalhenta	5	
Muito Alta	Neossolo Litólico com textura arenosa e média cascalhenta	5	
Muito Alta	Neossolo Litólico com textura indiscriminada	5	
Muito Alta	Neossolo Litólico com textura indiscriminada cascalhenta e não cascalhenta	5	
Muito Alta	Neossolo Regolítico com textura arenosa cascalhenta	5	
Muito Alta	Neossolo Regolítico com textura média muito cascalhenta	5	
Média	Planossolo Nátrico com textura arenosa/argilosa	3	
Média	Planossolo Nátrico com textura arenosa/média e média	3	
Média	Plintossolo com textura arenosa/argilosa	3	
Baixa	Vertissolo com textura argilosa	2	
Graus de fragilidade	Paraguay (1995)		
Média	Aquic Eutrochrept con textura Francosa fina	3	

Forte	<i>Aquic Udifluent con textura Arenosa</i>	4
Baixa	<i>Calcic Argiudoll con textura Arcillosa fina</i>	2
Baixa	<i>Humic hapludult con textura Arcilla fina</i>	2
Baixa	<i>Lithic Hapludoll con textura Arcillosa fina</i>	2
Baixa	<i>Lithic Udorthent con textura Arcillosa fina</i>	2
Muito Baixa	<i>Mollic Paleudalf con textura Francosa gruesa</i>	1
Forte	<i>Typic Dystrochrept con textura Arenosa</i>	4
Baixa	<i>Typic Hapludert con textura Arcillosa fina</i>	2
Baixa	<i>Typic hapludult con textura Arcillosa fina</i>	2
Forte	<i>Typic Quartzipsamment con textura Arenosa</i>	4
Baixa	<i>Typic Rhodudult con textura Arcillosa fina</i>	2
Forte	<i>Typic Udipsamment con textura Arenosa</i>	4
Forte	<i>Umbric Dystrochrept con textura Arenosa</i>	4
Baixa	<i>Vertic Paleudoll con textura Arcillosa fina</i>	2

Fonte: Adaptado ROSS (1994) e Paraguay (1995).

A metodologia utilizada para revisão das Áreas Prioritárias para a Conservação, Utilização Sustentável e Repartição de Benefícios da Biodiversidade Brasileira foi discutida na Oficina Atualização das Áreas Prioritárias para Conservação, Uso Sustentável e Repartição de Benefícios da Biodiversidade - Alvos e Ferramentas, em novembro de 2005 e posteriormente aprovada pela Deliberação CONABIO nº 39, de 14 de dezembro de 2005. Tal metodologia adotou como base o Mapa de Biomas do Brasil (IBGE, 2004) e utilizou uma abordagem que promove maior objetividade e eficiência; cria memória do processo de identificação de prioridades; promove maior participação; e gera informações que possibilitam decisão informada e capacidade para avaliar oportunidades (BRASIL, 2007). As áreas foram reconhecidas através da Portaria nº 9 de 23 de janeiro de 2007 tendo em vista o disposto nos Decretos nº 2.519 de 16 de março de 1998 e 5.092, de 21 de maio de 2004 (disponível http://www.mma.gov.br/estruturas/sbf_chm_rbbio/).

Os dados das áreas de importância biológica, primeiramente foram extraídos do banco de dados do Ministério do Meio Ambiente-MMA (disponível em <http://mapas.mma.gov.br/i3geo/datadownload.htm>), no formato *shapefile* e posteriormente, a edição vetorial para recorte da área de estudo (*Arctoolbox/Analysis tools/Extract*). Os graus de fragilidade foram atribuídos levando em consideração o nível de importância biológica conforme a Tabela 2.

Tabela 2 – Áreas de Importância Biológica e os graus de fragilidade.

Importância Biológica	Graus de fragilidade	Pesos
Extremamente Alta	Muito Alta	5
Muito Alta	Alta	4
Alta	Média	3
Insuficientemente conhecida	Desconhecida/Nula	0

Fonte: Probio/MMA.

A metodologia de Ross (1994) possibilita atribuir pesos ao mapa de uso da terra e cobertura vegetal, atribuindo valores as classes mapeadas, conforme a Tabela 3.

Tabela 3 – Uso da terra e cobertura vegetal e os graus de fragilidade.

Classes Temáticas	Graus de fragilidade	Pesos
Áreas de Cultivo	Alta	4
Água	Muito Alta	5
Áreas Úmidas	Muito Alta	5
Pastagem	Alta	4
Solo Exposto	Muito Alta	5
Mata	Baixa	2
Reflorestamento	Média	3
Área Urbana	Muito Alta	5

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

4.7 Proposta de Zoneamento Ambiental

O Zoneamento Ambiental antecede o prognóstico ambiental. Esta etapa consiste, na análise dos dados obtidos no mapeamento da fragilidade ambiental e da legislação ambiental.

O mapeamento de ordenamento territorial (zoneamento) da bacia transfronteiriça do rio Apa consiste na definição de áreas com graus diferenciados de proteção, com diretrizes relativas ao uso e ocupação dos recursos naturais. Para isto, serão utilizadas as diretrizes apresentadas pelo PCBAP (BRASIL, 1997), que considera a ideal atividade de produção econômica para os diversos tipos de formação pedológica, determinações impostas pela legislação ambiental,

notadamente o Código Florestal (Lei nº. 12.651, de 25 de maio de 2012), os graus de fragilidade, Gestão Integrada da bacia transfronteiriça do rio Apa (2003) e diretrizes conservacionistas, dentre eles Lepsch (2002), Mendonça (1997) e Beltrame (1994).

5 LOCALIZAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

5.1 Localização da bacia transfronteiriça do rio Apa

A bacia hidrográfica transfronteiriça do rio Apa está localizada entre os paralelos 22° 36' 51" S e 20° 57' 37" S e os meridianos 55° 52' 28" W e 57° 59' 38" W, conforme a Figura 1.

A capital do Estado de Mato Grosso do Sul dista aproximadamente 326 km da bacia transfronteiriça do rio Apa, as principais vias de acesso são as rodovias: BR 262, 419, 060 e 267.

A área da bacia hidrográfica do rio Apa é de aproximadamente 15.433,00 km², sendo 11.481,8 km² em território brasileiro e 3.951,2 km² em território paraguaio.

Com 444 km de extensão, o rio Apa divide o Brasil e o Paraguai, apresentando um sistema de drenagem que nasce na região denominada de Cabeceira do Apa no município de Ponta Porã, a 708 metros de altitude (DSG, 1990). Suas águas desembocam na margem esquerda do rio Paraguai, próximo ao destacamento do Exército Brasileiro (2ª Cia de Fronteira), com aproximadamente 6,4 km de distancia da foz do rio Apa.

Os municípios que integram a bacia do rio Apa em território brasileiro, no Estado de Mato Grosso do Sul são: Ponta Porã, Antônio João, Bela Vista, Caracol, Porto Murtinho, Bonito e Jardim. Em território paraguaio a área da bacia inclui os Departamentos de Concepción e Amambay, contemplando os seguintes municípios: Bella Vista, Concepción, Pedro Juan Caballero, San Carlos e San Lázaro.

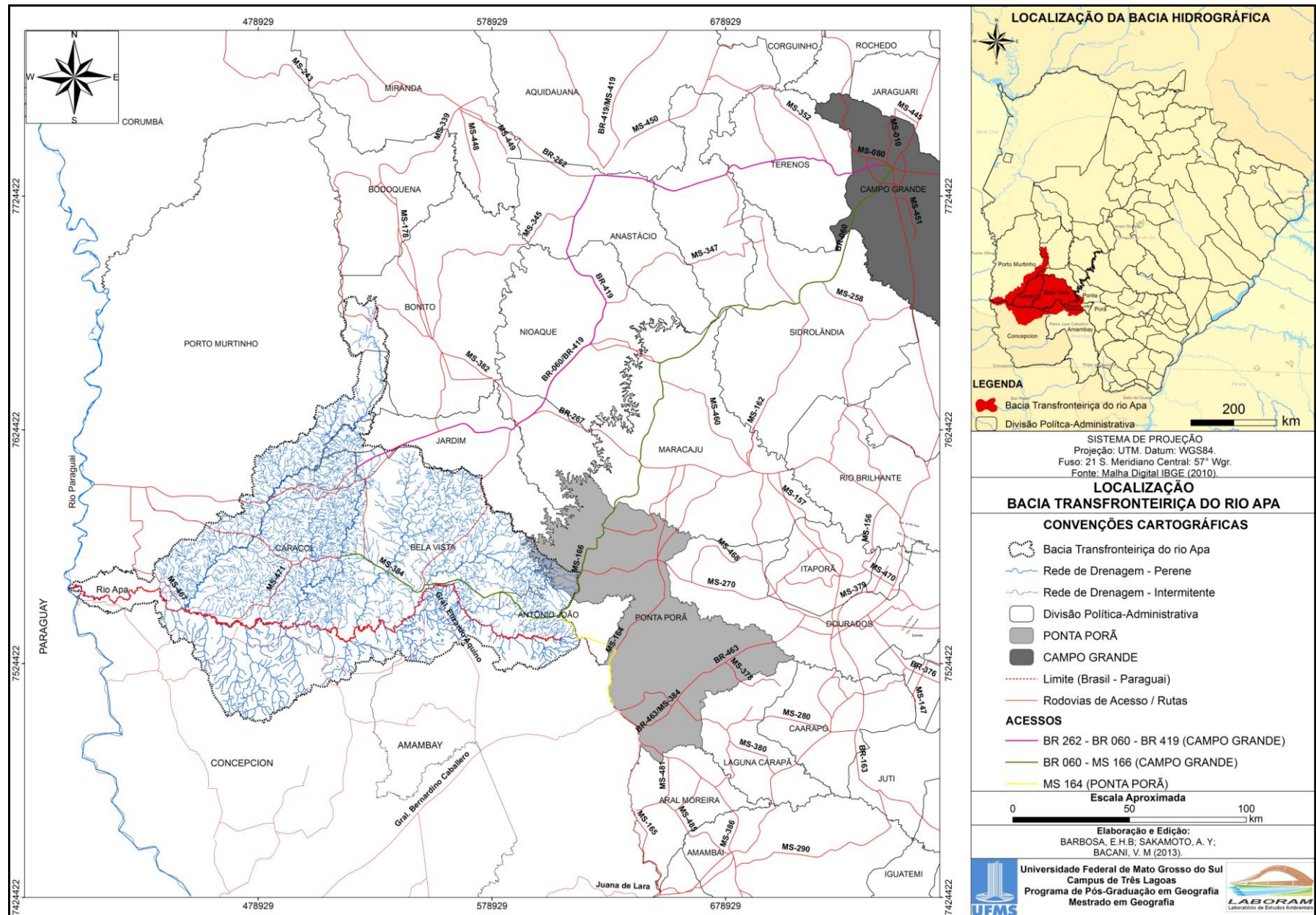


Figura 1. Localização da bacia transfronteiriça do rio Apa.

5.2 Caracterização físico-natural da bacia transfronteiriça do rio Apa

A bacia do rio Apa está inserida na bacia hidrográfica do rio da Prata, no extremo Sul da Bacia do Alto Paraguai - BAP. De acordo com CIDEMA (2003), a BAP compreende desde as nascentes do rio Paraguai, na região de Cáceres, até a foz do rio Apa. Ainda segundo CIDEMA (op.cit), a bacia do Alto Paraguai apresenta uma superfície de 490.000 km², dos quais 380.000 km² encontra-se no território brasileiro e 111.000 km² em solo paraguaio. Essa bacia detém a área do Pantanal mato-grossense o qual se apresenta com uma extensa planície inundada.

A base cartográfica do mapeamento temático existente sobre a área em questão encontra-se na escala 1:1.000.000, levantadas pelo CPRM (1999) e *Proyecto para la Protección Ambiental y Desarrollo Sostenible del Sistema Acuífero Guaraní - Región Oriental del Paraguay* (2007), PCBAP escala 1:250.000 (BRASIL, 1997) e escala 1:250.000 (MACROZONEAMENTO, 1985). A seguir são descritas as temáticas de análise da área natural da bacia transfronteiriça do rio Apa.

5.2.1 Geologia

O arcabouço geológico da bacia hidrográfica do rio Apa encontra-se predominantemente estruturado sobre o Complexo Apa, formado pelo conjunto de rochas cristalinas, apresentando contato dos tipos inconformidade e tectônico, com as rochas dos Grupos Jacadigo e Corumbá, bem como está recoberto pelos sedimentos quaternários dos Depósitos Detríticos, Formação Xaraiés e Formação Pantanal (BRASIL, 1982). O Complexo Apa ocupa uma área de 4.263,67 km², correspondendo a 37,03 % da área total, correspondente ao lado brasileiro, da bacia do rio Apa.

No Paraguai a região inserida na bacia do rio Apa compreende a unidade geológica do *Alto del Apa* descritas em Paraguay (1986) como áreas de exposição de rochas cristalinas de idades do Pré-cambriano Inferior e Pré-cambriano Superior/Paleozóico e sua evolução geológica afetou a deposição das unidades da bacia do rio Paraná.

A Figura 2 apresenta o resultado do mapeamento geológico realizado pelo CPRM (1999).

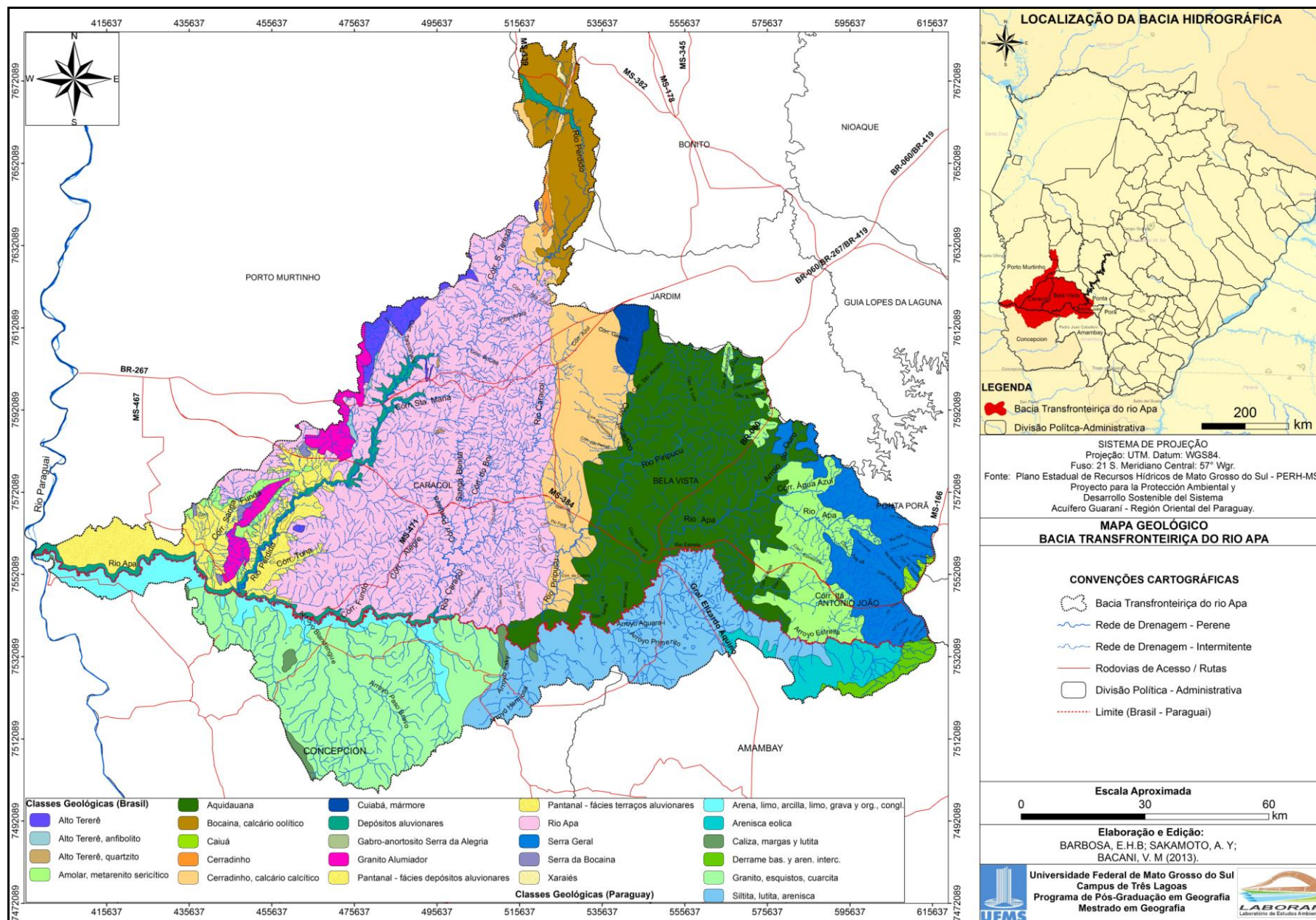


Figura 2. Mapa Geológico da bacia transfronteiriça do rio Apa.

No lado brasileiro da bacia transfronteiriça do rio Apa são encontradas as seguintes classes geológicas:

- a) Complexo Apa: basicamente são conjunto de rochas cristalinas ocultas sob o sedimento quaternários das Formações Xaraiés, Pantanal e Depósitos Detríticos. Localmente podem ocorrer em pequenos morros, em geral nas baixas encostas, sotopostos a rochas carbonatadas da Formação Bocaina ou a arcóseos e conglomerados da Formação Urucum.
- b) Formação Aquidauana: esta unidade é constituída essencialmente por uma sequência sedimentar com intensa variação faciológica, predominantemente arenosa e de coloração vermelho-arroxeadada, na qual distinguem-se três níveis: Superior, formado por arenitos com estratificação cruzada e siltitos vermelho-tijolo, finamente estratificados; Médio, com arenitos finos a muito finos, estratificação plano-paralela e intercalações de siltitos, folhelhos e diamictitos, subordinados; Inferior, contendo arenitos avermelhados com lentes de diamictitos, intercalações de argilitos, arenitos grosseiros esbranquiçados, arcóseos e conglomerado basal.
- c) Fácies Cerradinho, calcário calcítico: Paraconglomerado, arcósio, arenito arcosiano, arenito com lâminas de argilito, folhelho com intercalações predominantes de calcário calcítico. Ambiente de planície de maré litorânea com retrabalhamento distal dos leques aluviais.
- d) Faceis Amolar metarenito sericítico: Metarenito ortoquarzítico por vezes sericítico, de granulometria variada, encontrado em ambiente litorâneo.
- e) Formação Serra Geral: configura geralmente relevos de topo plano e quando as rochas são alteradas desenvolvem um solo vermelho característico, com cobertura vegetal densa, marcado pela quebra de relevo. São rochas Basálticas e basalto-andesito de filiação tholeítica; riolito e riodacito. Intercala camada de arenito, litoarenito e arenito vulcânico.
- f) Formação Bocaina, calcário oolítico: possuem maior resistência erosiva, geralmente configura elevações com até cerca de 600 metros de altitude, que se sobressaem muitas vezes como morros residuais, na planície pantaneira. Ocorrem em ambientes de plataforma marinha sujeita a upwellings, formados por rochas do tipo Calcário calcítico, dolomítico, intraclástico e oolítico.
- g) Formação Pantanal - Fácies depósitos aluvionares: são formações sedimentares que ocorrem na Depressão do Rio Paraguai, composta por

sedimentos aluviais predominantemente arenosos, siltico-argilosos e argilosos, inconsolidados e semiconsolidados. A sedimentação que se processa atualmente nas áreas interfluviais é condicionada às inundações periódicas.

- h) Depósitos Aluvionares: são sedimentos aluvionares inconsolidados constituídos por seixos, areias finas a grossas, com níveis de cascalhos, lentes de material silto-argiloso e restos de matéria orgânica, relacionados a planícies de inundação, barras de canal e canais fluviais atuais.
- i) Formação Pantanal - Fácies terraços aluvionares: são sedimentos areno-argiloso, semiconsolidado, parcialmente laterizado.
- j) Corpo Granito Alumiador: Granito, microgranito pórfiro, granófiro.
- k) Grupo Alto Tererê: são formadas por Granada-mica xisto, quartzito e lentes de anfíbolito.
- l) Grupo Cuiabá – Litofácies Cuiabá: surgem em regiões de topografia plana, com formas de relevo de topo tabular. As rochas que compõem esta unidade estão representadas na área por xistos, filitos, metagrauvacas, metarcóseos, ardósias, metassiltitos, mármore, quartzitos, metaparaconglomerados e *homfels*.
- m) Grupo Caiuá: são formados por arenito quartzoso a subarcoseano, fino a médio, lentes de arenito siltico-argiloso, brecha sedimentar, arenito conglomerático e conglomerado. Ambiente continental desértico: dunas eólicas, interdunas e lagos efêmeros.
- n) Suíte Serra da Bocaina: são formados pelo riolito, dacito, riodacito e rocha piroclástica.
- o) Formação Cerradinho: é encontrada na porção setentrional do Planalto da Bodoquena. Por suas características litológicas esta formação foi mais erodida e configura relevos aplanados. A principal característica é a heterogeneidade litológica, assinalada pela alternância de arenitos, siltitos, folhelhos, margas, calcários e dolomitos, com a presença de arcóseos e localmente conglomerados na porção basal. É conglomerado, arcóseo, arenito, siltito, argilito, marga, clorita xisto.
- p) Litofácies Alto Tererê, anfíbolito: compostos por anfíbólio xisto e anfíbolito.
- q) Formação Xaraiés: a origem dos depósitos Xaraiés está relacionada com a abertura da Depressão do rio Paraguai e a elaboração do Pediplano Pliopleistocênico, que ocorreu sob clima semi-árido. Almeida (1945 apud

RADAM, 1982), distinguiu quatro tipos de rochas nesta formação, com passagens transicionais entre si: tufo calcário com vegetais fósseis, tufo calcário, leve, muito esponjoso; travertino com gasterópodes e conglomerado com cimento calcário.

- r) Litofácies Alto Tererê, quartzito: formadas por rochas Granada-muscovita.
- s) Corpo Gabro-anortosito Serra da Alegria: compostas pelas formações do tipo Metagabro, metagabro porfíritico, metamelanogabro, leucogabro e metanortosito.

A Tabela 4 exemplifica as classes geológicas definidas para o lado paraguaio da bacia transfronteiriça do rio Apa.

Tabela 4 – Classes Geológicas mapeadas no lado paraguaio da bacia transfronteiriça do rio Apa.

<i>Símbolo</i>	<i>Acuíferos</i>	<i>Período Geológico</i>	<i>Litologia</i>	<i>Área (km²)</i>	<i>Área (%)</i>
<i>Pe</i>	<i>Escudo Precambrico</i>	<i>Precambrico</i>	<i>Granito, esquistos, cuarcita</i>	1832,43	46,76
<i>Cco</i>	<i>Coronel Oviedo</i>	<i>Carbonífero</i>	<i>Siltita, lutita, arenisca</i>	1267,20	32,33
<i>Qa</i>	<i>Aluvion</i>	<i>Cuaternalio</i>	<i>Arena, limo, arcilla, limo, grava y org., congl.</i>	372,43	9,50
<i>Jm</i>	<i>Misiones</i>	<i>Jurasico</i>	<i>Arenisca eolica</i>	280,98	7,17
<i>Kb</i>	<i>Basalto</i>	<i>Cretacico</i>	<i>Derrame bas. y aren. interc.</i>	99,82	2,55
<i>Ei</i>	<i>Itapucumi</i>	<i>Cambrico</i>	<i>Caliza, margas y lutita</i>	66,15	1,69
Total				3919,00	100,00

Fonte: Adaptado *Proyecto para la Protección Ambiental y Desarrollo Sostenible del Sistema Acuífero Guaraní - Región Oriental del Paraguay* (2007).

5.2.2 Geomorfologia

O relevo da BAP é marcado por significativos contrastes entre as terras baixas e periodicamente inundáveis, planícies do Pantanal Mato-grossense, e as terras do entorno, não-inundáveis, individualizadas pelos planaltos, serras e

depressões. Estas grandes unidades de relevo estão esculpidas em diversas estruturas geológicas, que lhes confere peculiaridades regionais e locais, a que se denomina de morfoestrutura (BRASIL, 1997).

No lado paraguaio, as unidades geomorfológicas estão relacionadas com o material litológico predominantes em cada unidade. Assim são consideradas as seguintes unidades: *cerros, serranías, lomadas (altas, medias y bajas), llanuras aluviales (altas, medias y bajas o de inundación) y valles aluviales, con tipos de litologías predominantes como alcalinas, areniscas, granitos, basaltos y areniscas* MOLINAS (2009).

Na Figura 3 são descritas as grandes estruturas geomorfológicas presentes no lado brasileiro, da bacia transfronteiriça do rio Apa, adaptado do PCBAP (BRASIL, 1997).

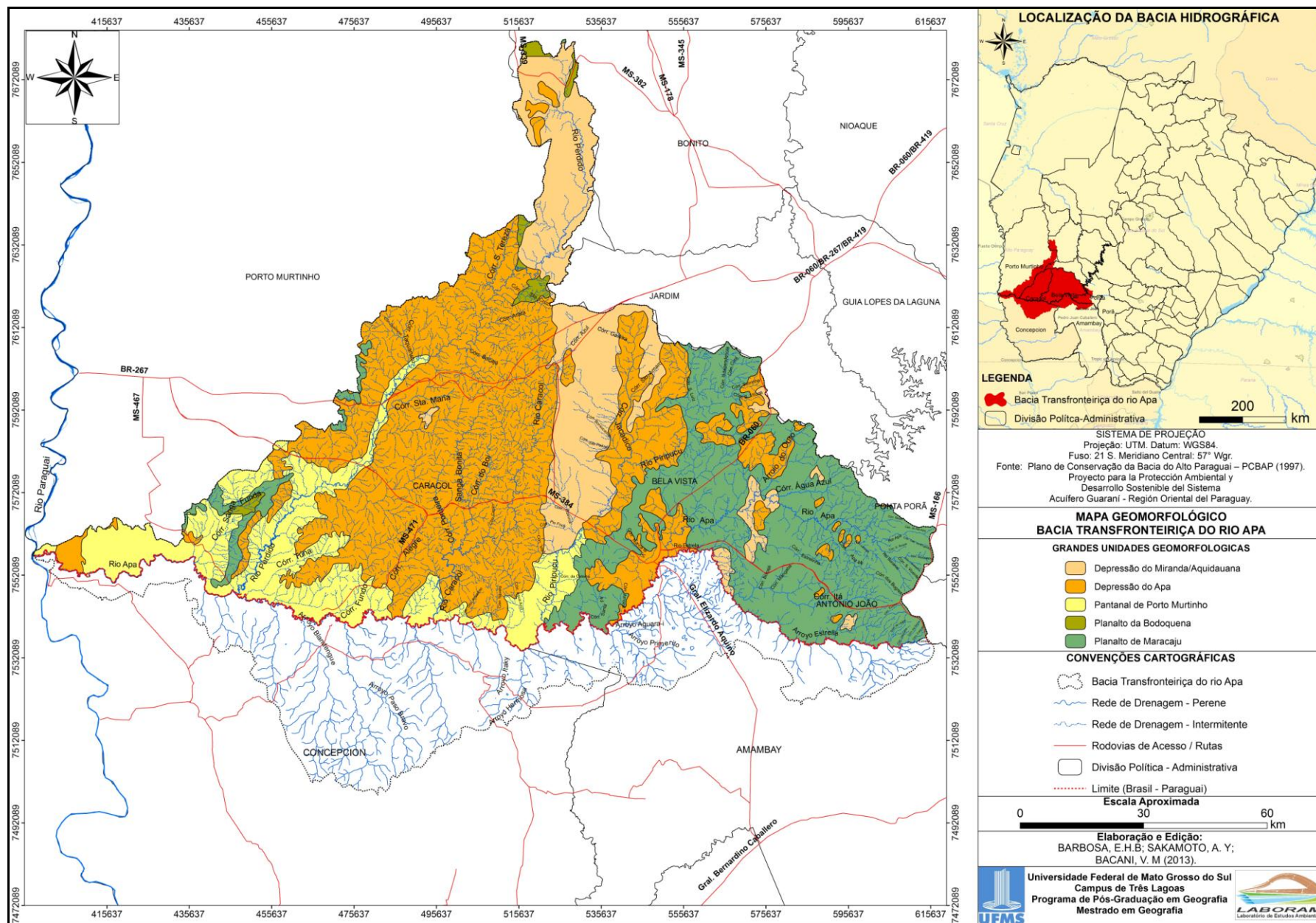


Figura 3. Mapa Geomorfológico, do lado brasileiro, da bacia transfronteiriça do rio Apa.

5.2.3 Solos

De acordo com Brasil (1997), verifica-se que na parte brasileira da bacia transfronteiriça do rio Apa, as classes de maior dominância são: Plintossolos, Planossolo Nátrico e Argissolo Vermelho-Amarelo, segundo adaptação da nomenclatura de classificação proposta pela EMBRAPA (2013). Seus usos são destinados a pastagens naturais.

A seguir são descritos os solos mapeados no lado brasileiro da bacia do rio Apa.

- a) Argissolo Vermelho-Amarelo: são solos minerais, não-hidromórficos, com horizonte B textural de cores vermelhas a amarelas e teores de Fe_2O_3 normalmente inferiores a 11%. Apresentam sequência de horizontes A, Bt, C ou A, E, Bt, C, segundo Camargo et al. (1987 apud BRASIL,1997). Desenvolvidos a partir de litologias bastante diversificadas, apresentam grande variação nas características físicas, químicas e morfológicas. A textura é em geral arenosa a média e média a argilosa, em alguns casos com presença de cascalhos. São solos álicos, distróficos ou eutróficos. Ocorrem em relevo desde plano a ondulado, embora predominem suave ondulado e ondulado, e a pecuária representa a maior atividade nesses solos. Os álicos e distróficos requerem calagem e adubação para minimizar o efeito tóxico do alumínio e corrigir a baixa fertilidade natural, o que lhes confere condições favoráveis à implantação de qualquer empreendimento agropecuário. O relevo não constitui impedimento à mecanização, mas práticas conservacionistas devem ser efetuadas para minimizar os efeitos erosivos, devido à sua elevada susceptibilidade à erosão. Podem assim ser aproveitados com qualquer tipo de cultura climaticamente apta, porém, em face da grande variabilidade de características que apresentam, há necessidade de considerarem-se alguns casos individualmente, com vistas à sua utilização agrícola.
- b) Argissolo Vermelho-Amarelo Eutrófico: ocorrendo em áreas de relevos mais acidentados e dissecados a textura encontra-se argilosa cascalhenta, com argila de baixa atividade. Em relevo plano e suave ondulado, dependendo do ambiente, a textura apresenta característica média/argilosa, argilosa e arenosa/média.

c) Chernossolo Rêndzico: são solos minerais, não-hidromórficos, de reação neutra ou ligeiramente alcalina, de muito rasos a pouco profundos, constituídos por horizonte A chernozêmico suprajacente à rocha calcária, ou a um horizonte C dela derivado, contendo carbonato ou mesmo um horizonte C cálcico Camargo et al. (1987 apud BRASIL,1997). Segundo Oliveira e Comar (2001), ocorrem com maior expressão no Planalto da Bodoquena, em superfícies dissecadas em forma de topo convexo de pequena dimensão, resultante da decomposição de calcários da Formação Bocaina, ou seja, em relevo plano e suave ondulado, caracterizado pela textura média. Apesar de sua elevada fertilidade natural, são utilizados com pastagem de capim colônia, sendo as principais limitações ao uso mais intensivo os afloramentos de rocha, o excesso de cascalho e calhaus e o relevo forte ondulado e montanhoso quando presentes.

d) Gleissolo Timórfico: são solos minerais, hidromórficos, que apresentam horizonte glei subjacente a horizonte A do tipo moderado Camargo et al.(1987 apud BRASIL,1997) ou mesmo fraco, com textura argilosa. São característicos de locais planos e abaciados, sujeitos a alagamentos constantes ou periódicos. As condições anaeróbicas, resultantes da má drenagem do perfil, dão ao solo características de intensa gleização, resultantes dos processos de redução que se intensificam nestas condições. De maneira geral, o uso destes solos é muito dificultado pelas condições de má drenagem e regime periódico de inundação, sendo mais apropriado à exploração pecuária.

e) Latossolo Vermelho Ácrico: são solos minerais, não hidromórficos, que se caracterizam por possuir horizonte B latossólico de cor avermelhada nos matizes 10R a 3,5YR, com teores de óxido de ferro entre 8% e 18%, quando argilosos ou muito argilosos, e normalmente inferiores a 8% quando de textura média, com atração magnética fraca ou nula (Camargo et al., 1987; Embrapa, 1988). São solos normalmente muito profundos, com espessura raramente inferior a dois metros, de elevada permeabilidade e, em geral, bem a acentuadamente drenados. Apresentam seqüência de horizontes A, Bw, C, com reduzido incremento de argila em profundidade. A principal limitação ao uso agrícola destes solos refere-se à baixa fertilidade natural e à ocorrência de alumínio trocável em níveis tóxicos, o que requer aplicação

de corretivos e fertilizantes para viabilizar sua exploração. Não obstante, as condições geográficas em que ocorrem aliadas à grande espessura, elevada permeabilidade e ausência de impedimentos à mecanização, conferem-lhes excelente potencial para utilização intensiva. Devido a isto, as áreas de ocorrência destes solos encontram-se praticamente desprovidas de sua vegetação natural, utilizadas principalmente com lavouras de soja, milho e pastagens.

f) Latossolo Vermelho Aluminoférrico: evidencia-se em relevo plano, com textura muito argilosa.

g) Latossolo Vermelho Eutroférico: varia de acordo com o tipo de relevo, em condições planas e suaves onduladas, apresenta textura argilosa e muito argilosa, com argila de alta atividade.

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

i) Neossolo Regolítico: São pequenas extensões isoladas constituídas de areias quartzosas, areias quartzosas hidromórficas que ocorrem dentro das manchas de Planossolos e solos aluviais que ocorrem dentro das manchas de Plintossolos.

j) Planossolo Nátrico: ocorrem ao sul entre os rios Apa e Paraguai e na Serra da Bodoquena. Esses solos se caracterizam pela presença de um tipo especial de horizonte B textural, chamado de B plânico, com alto teor de argila, subjacente a horizonte A ou E conferindo-lhe mudança textura abrupta. Em razão disso, possuem uma permeabilidade lenta ou muito lenta, com estrutura colunar ou prismática, esse horizonte incorporou o antigo horizonte B nátrico Embrapa (1999).

k) Plintossolo: Apresentam uma boa percentagem de indivíduos com caracteres álicos e distróficos.

l) Vertissolo: São solos constituídos de materiais minerais, apresentando um horizonte subsuperficial, vértico, com feições pedológicas peculiares devido a presença de superfícies de fricção (slickensides) devido a contração e expansão de argila, apresentando fendas de pelo menos 1cm de largura durante o período mais seco do ano (Embrapa, 1999). Localiza-se entre rochas do Complexo Apa, próximo a cidade de Corumbá, abrange ainda alguns resíduos da Depressão do Rio Paraguai, porém uma boa parte se localiza nas Planícies e Pantanaís Mato Grossense próximo a Serra da Bodoquena.

O governo paraguaio através do estudo elaborado por Gorostiaga et al (1995), apresenta as definições dos solos encontrados, a saber:

a) *Aquic Eutrochrept*: São solos ricos em bases para mudanças e desenvolvidos de sedimentos materiais calcários originários de rochas sedimentares. Os *Eutrochrept* geralmente têm uma cobertura vegetal depasturas e contem carbonatos dentro do perfil do solo. Possui profundidade, medida a partir da superfície do solo mineral. Possui textura *Francosa fina* (Barreto fino).

b) *Aquic Udifluent*: São solos com saturamento de água em alguns períodos do anos, possui textura arenosa.

c) *Calcic Argiudoll*: são solos com a cor Vermelho-escuro é um solo com horizonte A molico em superfície plana e um teor de matéria orgânica de 3,5 %, o que indica o efeito cumulativo dos resíduos vegetais. A cor é castanho acinzentado escuro, argilo-arenoso e elevado teor em bases de dados, onde predomina o cálcio. O pH é neutro ou ligeiramente alcalino.

d) *Humic hapludult*: Argissolo Vermelho é que eles têm um horizonte DE imperturbável pelo plantio direto (AP) ou de um horizonte de 15 cm ou mais espessa, que tem uma cor escura, com um brilho de umidade da 3 ou menos e com brilho na seca de 5 ou menos.

e) *Lithic Hapludoll*: são de textura argilosa e eles ocupam as áreas de serranías e colinas isoladas para as que são distribuídas o longo e próximo ao Rio o Paraguai; formado uma unidade cartográfica caracterizada pelo

material de origem calcária, em áreas fortemente inclinada, de drenagem superficial erosiva e forte.

f) *Lithic Udorthent*: Os solos classificados como Udortient foram avaliados quanto à produção de matéria seca, de boa textura argilosa, eles foram reconhecidos em abranger principalmente as colinas de Caapucu, no Departamento de Paraguarí, das rochas de granito, e em colinas de Santa Rosa as Missões e a cordilheira de San Rafael, em Jtapua. Em todas estas paisagens domina uma topografia fortemente ondulada, com inclinações superiores a 25 %, drenagem superficial com forte erosividade.

g) *Mollic Paleudalf*: Os solos são Argissolo de diferentes classes texturais entre 25 e 75 cm de profundidade. Ele tem sido reconhecido como barrento, derivados de arenito e são apresentados nas suaves colinas, ocupando a posição topográfica plano e em menor grau.

h) *Typic Dystrochrept*: Solos com características do modal Dystrochrept. São solos com horizonte ocríco e com horizonte subsuperficial cambico, bem drenados, profundos e extremamente ácidos e com muito baixo teor de nutrientes. Não têm um contato lítico dentro de 50 cm da superfície, o cambico não contém um horizonte argiloso, são saturados de água por algum tempo do ano, dentro de 100 cm da superfície do solo.

i) *Typic Hapludert*: Esses solos são cores escuras na parte superior os horizontes, variando de cinza muito escuro ao preto, com uma forte estrutura granular e subangulares em muito pequenas florestas que são friáveis quando seco, e muito plásticos e muito pegajosos quando eles contêm mais água. A textura argilosa é fina a muito fina, o que leva a uma baixa permeabilidade. Em profundidade, horizontes têm cores um pouco mais claras, estruturado em pequenos blocos subangulares, também sendo barro, muito plástico e pegajosas.

j) *Typic hapludult*: Os horizontes superficiais têm cores marrom-amarelada escuro ao castanho escuro até 40 cm de profundidade. A textura do solo é franco arenoso, fracamente estruturado, com capacidade de troca catiónica.

k) *Typic Quartzipsamment*: são solos profundos, não têm condições de saturação dentro da profundidade de 100 cm da superfície. Os solos tem textura arenosa do Cambriano, solos bem drenados de morfologia similar

entre horizontes, onde apenas a diferença para o horizonte ocríco, já que no resto do perfil, ele apresenta uma transição difusa.

l) *Typic Rhodudult*: Esses solos são apresentados em um ambiente de montanhas, cujo material de origem é o arenito. Com posições ocorrência em topografia planas, inclinadas em ângulo ligeiramente e, sempre bem drenados.

m) *Typic Udipsamment*: Os solos são arenosos e profundos, com transição difusa entre os horizontes, que acumula até um teor de matéria orgânica dos 1,5 %, textura franco arenosa.

n) *Umbric Dystrochrept*: são solos formados com o Latossolo, fase também arenosa, derivados de arenito, distribuídos em colinas, com pistas com menos de 8 %.

o) *Vertic Paleudoll*: São solos minerais com textura muito argilosa.

A Figura 4 representa as classes pedológicas presentes na bacia transfronteiriça do rio Apa.

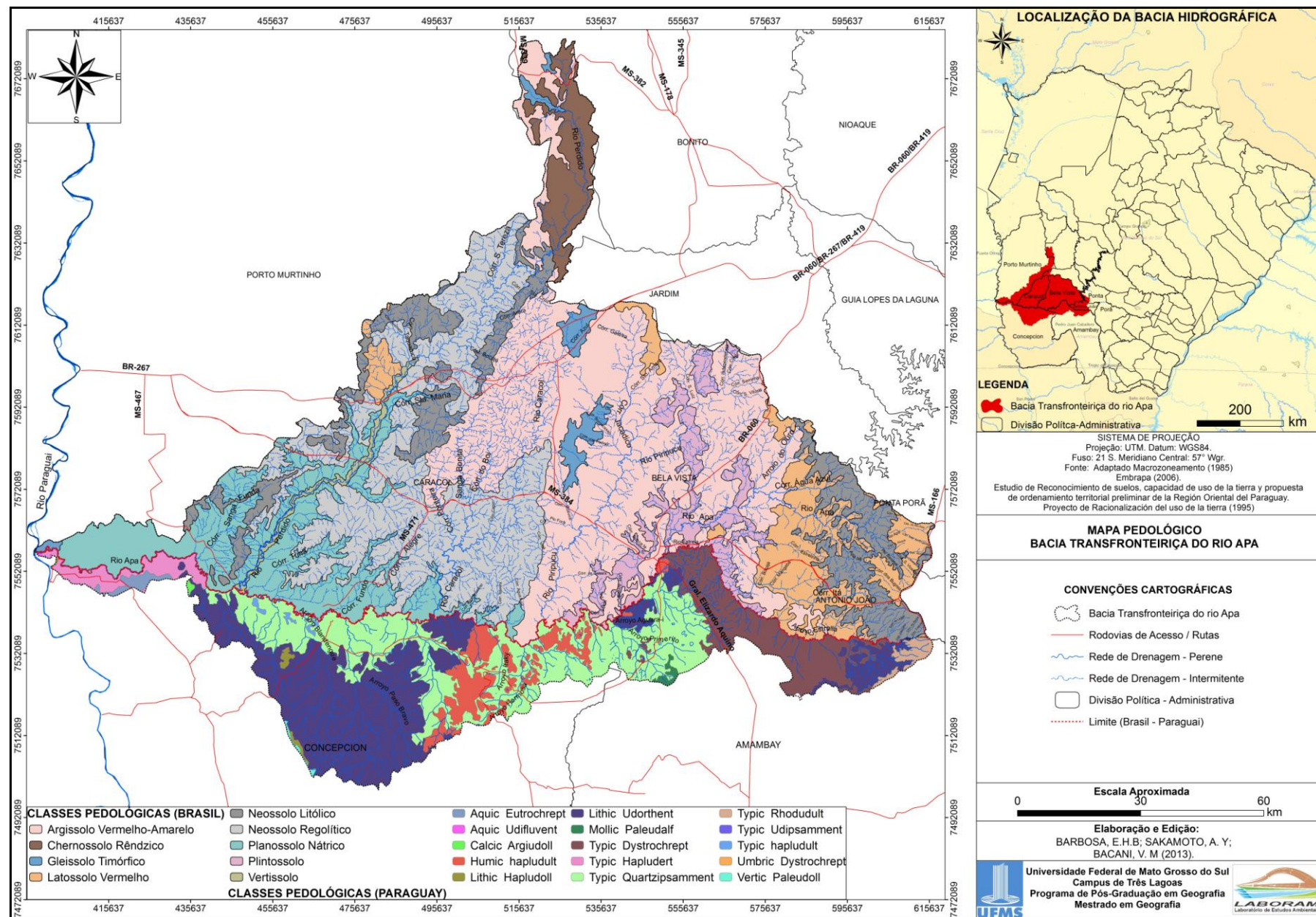


Figura 4. Mapa pedológico do lado brasileiro da bacia transfronteiriça do rio Apa.

5.2.4 Vegetação

De acordo com FADEMS (2012), a bacia hidrográfica encontra-se dentro do bioma Cerrado com grande influência do Chaco e da Mata Atlântica.

A cobertura vegetação da bacia do rio Apa está dividida em: Savana Arbórea Densa, Arbórea Aberta, Gramíneo-Lenhosa e Estépica, conforme SEMA (2005 apud BROCH, 2008).

Considera-se na bacia transfronteiriça do rio Apa, as seguintes categorias de análise: Cerrado (arbórea aberta), Cerradão (arbórea densa), pastagem cultivada (uso antrópico), culturas agrícolas (uso antrópico), mata de galeria e mata de encosta. Por se tratar de uma bacia transfronteiriça, a classificação do lado paraguaio leva em consideração as *“comunidades naturales de alta importancia para la conservación, siendo éstas: Bosque denso semideciduo subtropical (Bosque Alto), Bosque denso semideciduo subtropical de tierras bajas (Bosque en galería), Bosque abierto semideciduo subtropical (Cerradón), Pastizal subtropical estacionalmente saturado (Campo bajo) y Pastizal medio subtropical con árboles deciduos secos latifoliados (Cerrado)”*.

A Figura 5 apresenta a espacialização dos domínios de vegetação de acordo com MACROZENEAMENTO (1985), realizado apenas para o lado brasileiro da bacia transfronteiriça do rio Apa.

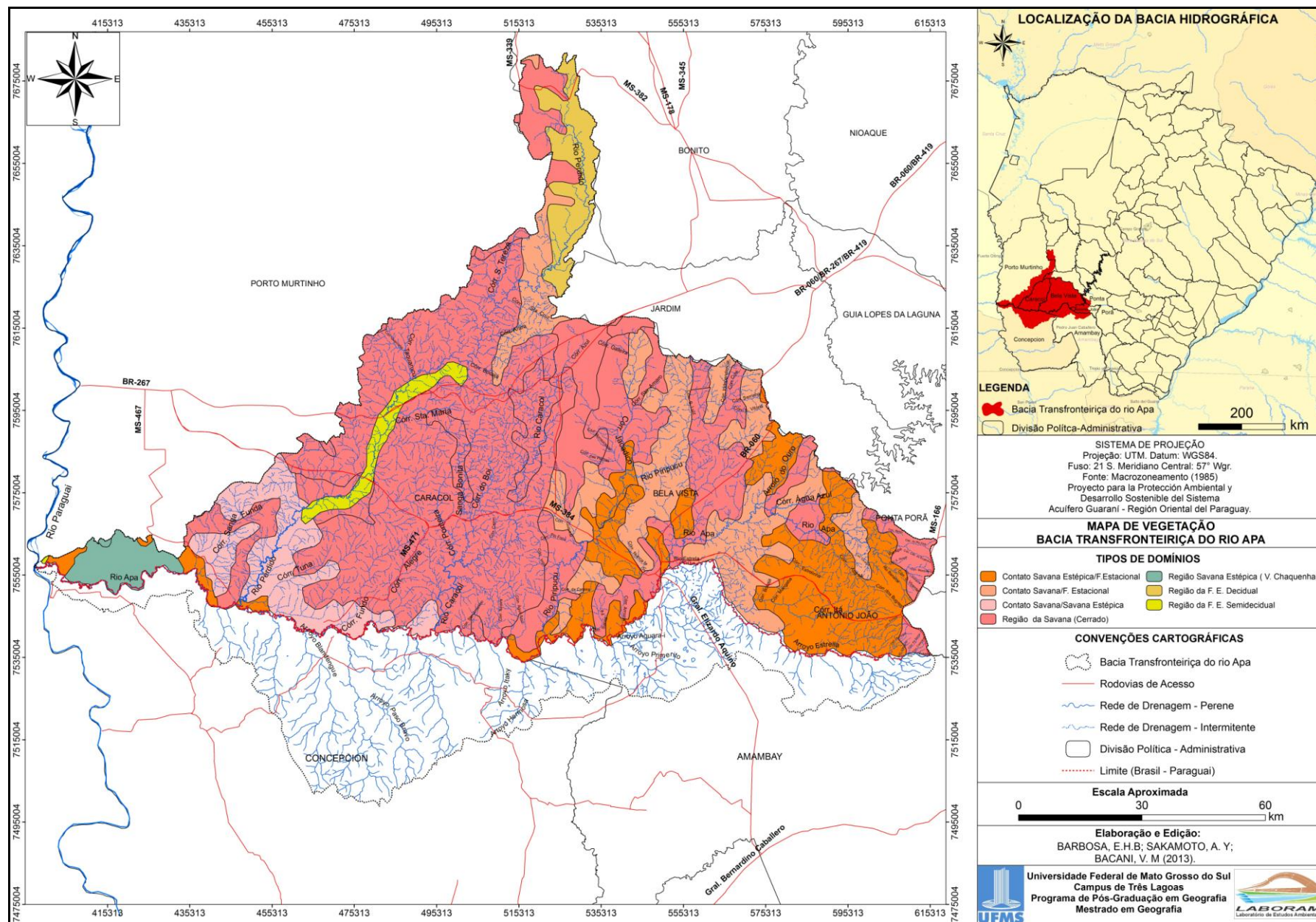


Figura 5. Mapa dos Domínios de Vegetação no lado brasileiro da bacia transfronteiriça do rio Apa.

5.2.5 Clima

Existem duas influências climáticas na bacia transfronteiriça do rio Apa, segundo critério de Koppen (1948), o clima na bacia analisada é do tipo Aw e Cwa. O primeiro possui característica clima tropical, com inverno seco, com estação chuvosa no verão, de novembro a abril, e nítida estação seca no inverno, de maio a outubro (julho é o mês mais seco). A temperatura média do ar do mês mais frio é superior a 18°C. As precipitações pluviométricas são superiores a 750 mm anuais, atingindo 1.800 mm. A segunda apresenta um clima subtropical, com inverno seco (com temperaturas inferiores a 18°C) e verão quente (com temperaturas superiores a 22°C).

Segundo Pereira et al. (2007), entre a Serra de Bodoquena e a Serra de Maracaju – abrangendo cidades como Guia Lopes da Laguna, Jardim, Bonito, Bela Vista e Antônio João, de altitudes que variam de 250 a 550 metros, o clima se apresenta úmido, com índice hídrico de 20 a 40 e moderada deficiência de água no inverno. A variação de temperatura é pequena e a evapotranspiração anual é superior a 1.140mm.

Pereira et al. (op.cit), afirma que na Planície do Pantanal e em quase todas as depressões no seu entorno, o clima presente é o subúmido seco com índice hídrico de -33,3 a 0,0. Há pequeno ou nenhum excedente de água no verão e deficiência de água no inverno. Também há pequena variação de temperatura e evapotranspiração anual superior a 1.140mm.

Segundo Llamas (1990 apud GOROSTIAGA, 1995) define o lado paraguaio como

El clima de esta Región se define como Subtropical Caliente hacia la parte central y Subtropical Moderado hacia el extremo sur, según la metodología del Proyecto Agroecológico para América del Sur y Central de la FAO. La precipitación media anual oscila entre 1.300 mm y 1.900 mm, y la temperatura media mensual entre 17°C y 27°C.

A Figura 6 apresenta a espacialização da pluviometria da bacia transfronteiriça do rio Apa.

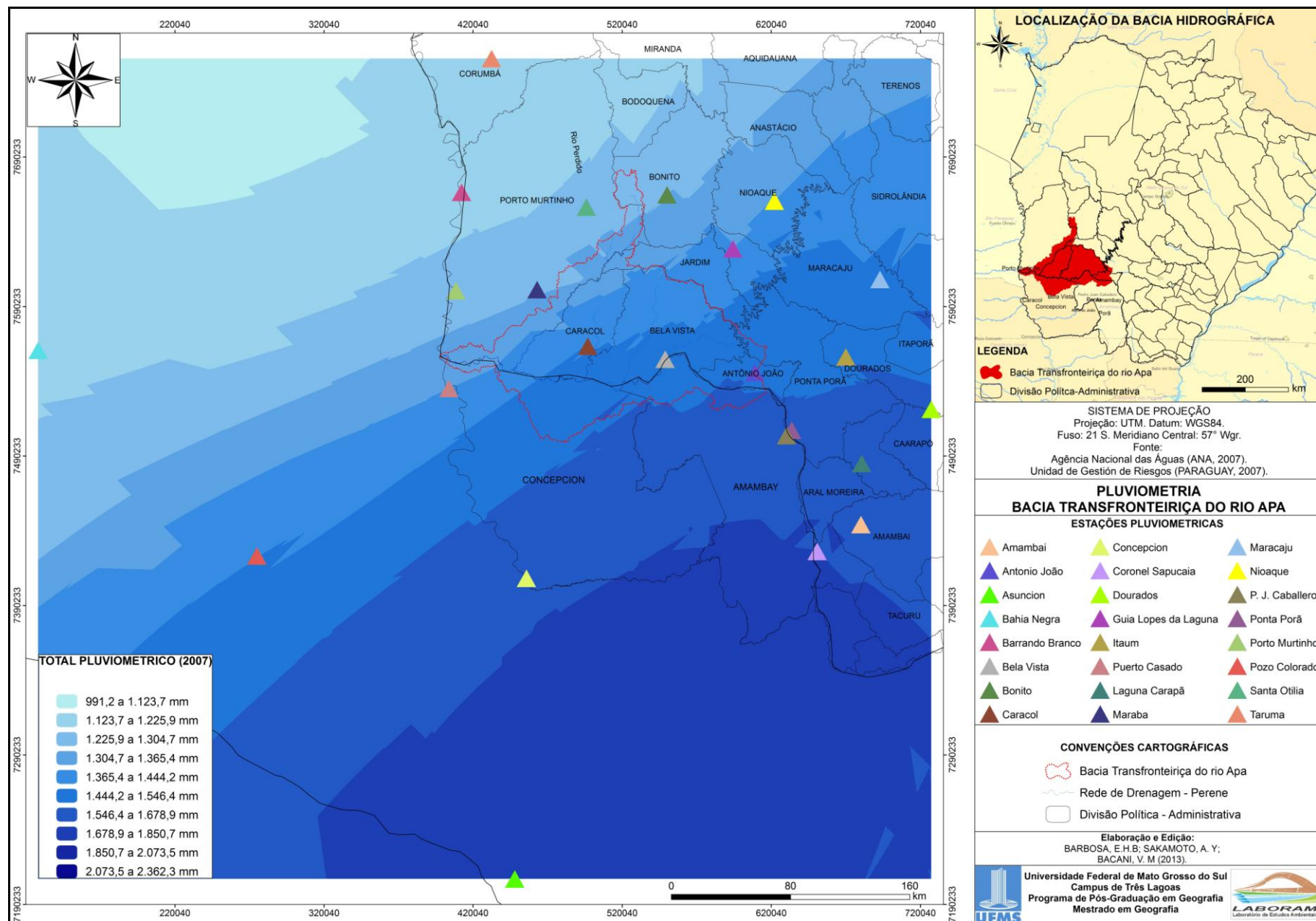


Figura 6. Mapa Pluviométrico da bacia transfronteiriça do rio Apa.

5.3 Histórico de ocupação na bacia transfronteiriça do rio Apa

O controle do território no sul de Mato Grosso (atual Estado de Mato Grosso do Sul) foi mantido através da posse lenta e gradativa da terra tradicionalmente indígena, conforme apresentado por ESSELIN e OLIVEIRA (2007).

A posição do Estado de Mato Grosso em relação às terras espanholas foi um dos principais motivos para a construção de várias guarnições militares às margens dos rios, ao longo da fronteira, na segunda metade do século XVIII. Logo, a fronteira sudoeste no Vale do rio Paraguai foi a que recebeu maiores atenções, devido a sua vulnerabilidade e por se avizinhar com a Província do Paraguai ALMEIDA SERRA (1975 apud ESSELIN e OLIVEIRA, 2007).

Por sua vez, os castelhanos construíram o forte de San Carlos, às margens do rio Apa, em 1777 ESSELIN e OLIVEIRA (2007).

Esselin e Oliveira (op.cit) coloca que com a construção dos fortes, o Governo espanhol passou a distribuir, através de concessões, terras blindadas aos colonos. Os beneficiários ficavam desobrigados a arcar com a defesa; e o território foi sendo funcionalizado a partir da instalação de estâncias para criatório de gado e cavalo entre a calha do rio Apa o médio rio Paraguai (atualmente Departamento de Concepción e Departamento de Alto Paraguay no país vizinho).

A região da bacia hidrográfica transfronteiriça foi palco de guerras e disputa entre as tribos indígenas das etnias Guaraní, *Payagua*, *Guaikuru* e Terena (BROCH, 2008).

Para exemplificar essas guerras e disputas Esselin e Oliveira (2007) elenca que o processo de desapropriação das terras e escravização do indígena, que se iniciara no século XVI, intensificou-se no século XIX, sobretudo após a guerra com o Paraguai, devido à expansão pastoril empreendida pelos pioneiros que se afazendaram em diversos pontos da Província, sobretudo no Pantanal. Como efeito, a população indígena foi se dispersando na condição de vaqueiros e agricultores.

Os indígenas eram considerados mão de obra barata nas fazendas que se organizavam ao Sul de Mato Grosso. Segundo Esselin e Oliveira (2007) as principais atividades dos indígenas eram: colheita e preparo da erva-matem ipeca, borracha, além de serem barqueiros ou remeiros.

Os índios *guaikurus* ocupavam a região que vai do sul de Corumbá até o rio Apa, englobando a região do Pantanal do Nabileque, para a realização de suas

festas, sepultamentos e demais cerimônias. Ali segundo o autor, era o coração do território *guaikuru*, era para este local que sempre retornavam, onde ficam suas aldeias propriamente ditas. Os índios *guaikurus* eram de fácil mobilidade, considerados como caçador-coletor, sempre buscavam novos territórios.

Outra ocupação na região do rio Apa, deu-se através do abandono dos padres jesuítas em 1649, na região do Itaim. Após combate com o bandeirante Raposo Tavares e seus comandados, os jesuítas e os indígenas que puderam escapar transpuseram o rio Apa e foram se estabelecer no Paraguai (ESSELIN e OLIVEIRA, 2008).

Os índios *guaikuru* começaram a realizar saques e investidas invasoras em diversas propriedades localizada na região do rio Apa. Com o tempo, as investidas foram intensificando e se tornando cada vez mais ousadas.

Esselin e Oliveira (2007) relata que cerca de 3.000 cabeças de bovinos e 1.000 equinos das fazendas localizadas nas margens do rio Apa foram atacadas pelos índios. Mas nesta investida, os castelhanos, prevenidos, conseguiram reaver a maioria dos animais, que já se encontravam poucas léguas ao norte do rio Apa.

Ainda segundo Esselin e Oliveira (op.cit), os ataques às fazendas castelhanas passaram a ser cada vez mais intensa, terminaram por inviabilizar qualquer ação espanhola de delimitação das fronteiras pacificamente. A situação requeria organizar tropas para repelir os indígenas. A prioridade foi guarnecer a entrada ao sul do rio Apa por onde serão atacados.

Mello (1959 apud ESSELIN E OLIVEIRA, 2007) menciona que os indígenas, valendo-se de suas habilidades equestres e do conhecimento dos campos de vacaria, continuavam as depredações, pilhagens e roubos de gado.

Além da intenção de repelir os índios, os castelhanos queriam consolidar o território ao sul do rio Apa, considerando que os intentos de prosseguir em direção ao norte, subindo o rio Paraguai, foram impedidos pelas atuações das guarnições portuguesas.

Esselin e Oliveira (2007) colocam:

“os *guaikurus* eram amigos dóceis para fincar as estacas da demarcação territorial distanciando os espanhóis; enquanto os castelhanos eram inimigos dóceis fundamentais para minimizar a força dos amigos”.

Assim, a guerra estava declarada, os espanhóis invadiram o território português armados e com a “ajuda” dos portugueses, capturavam e matavam os *guaikurus* que eram considerados aliados dos portugueses.

Os portugueses-brasileiros, conforme denomina Esselin e Oliveira (2007) tinham receio que a “fúria” dos *guaikurus* pudesse voltar contra eles. Ao serem complacentes com os ataques de seus rivais castelhanos, os portugueses asseguravam-se do enfraquecimento dos grupos e o início da desagregação indígena. E os ataques realizados anteriormente às fazendas na região do rio Apa enfraqueciam a colonização castelhana.

Devido aos assaltos dos índios *guaikurus* ocorreu o aumento de gado solto, não domado, na região do rio Apa. Esselin e Oliveira (2007) concluem que o gado espalhado por todo o Pantanal atrairia a presença de mais colonos (paulistas e cuiabanos) para a valorização do lugar.

Esselin e Oliveira (2008) apresenta que o principal motivo para o deslocamento cuiabano para o Pantanal sul, denominado de vacarias, era o expressivo número de fazendeiros fugindo da justiça por prática de crimes provocados contra os portugueses em várias cidades de Mato Grosso, aos arredores de Cuiabá. Assim, ocuparam ao longo do rio Paraguai, povoando as margens dos rios Taboco e Nioaque, avançando para os vales dos rios Miranda, Aquidauana e Negro, chegando até as proximidades do rio Apa.

Esselin e Oliveira (2007) observam que neste quadro, as fronteiras passaram a ser instancias demarcadoras de relações intersetoriais de legitimação do poder e reconhecimento da soberania.

De acordo com Esselin e Oliveira (2008) o processo de colonização do Pantanal sul (incluindo a região do rio Apa), desde o principio do século XVI, esteve ligado à pecuária. A limitação imposta pelo meio ambiente foi superada pelo bovino, que garantiu a ocupação econômica da planície e contribuiu decisivamente para a incorporação da região ao mercado nacional.

Além da pecuária, segundo Broch (2008), o ciclo econômico da erva mate definiu os investimentos e as relações socioculturais da região, junto aos campos nativos, cobertos por “barba de bode”, que serviam de pastagem natural para a criação extensiva de gado de corte.

Os fatores históricos de ocupação dos territórios contribuíram para a formação cultural das populações da região da bacia do rio Apa, completada pela

miscigenação existente, a partir da chegada dos espanhóis, portugueses e migrantes vindos de vários lugares do Brasil, em especial da região Sul MEDEIROS (2008 apud BROCH, 2008).

De acordo com Broch (2008), os guaranis deixaram marcas culturais nos povos da região, evidenciada pela própria língua guarani, considerada um dos idiomas nacionais do Paraguai, sendo falado com frequência, por paraguaios e brasileiros na parte de fronteira com o Brasil.

Com o entendimento do processo de ocupação dos territórios consolidados no interior da bacia transfronteiriça do rio Apa, pode-se melhor compreender a forma evolutiva do uso e ocupação da terra. Portanto, as peculiaridades dos aspectos históricos, culturais, sociais e econômicos transformam o ambiente à medida que se altera os fatores ou condicionantes de formação do espaço.

6 RESULTADOS E DISCUSSÃO

6.1 Avaliação Paramétrica de Terreno

A avaliação paramétrica de terreno apresenta a quantificação do relevo através da apresentação dos seguintes documentos cartográficos: hipsometria, clinografia e a orientação de vertentes.

Foram geradas curvas de nível a partir de um mosaico de imagens de Radar SRTM 30m (TOPODATA), com equidistância de 30m. A identificação e análise hipsométrica da bacia do rio Apa possibilitaram a análise da variação altimétrica do relevo, delimitação da área da bacia e extração da rede de drenagem, através da edição vetorial.

Estudos apontam controvérsias em torno da definição da área da bacia do rio Apa. De acordo com CIDEMA (2003), a bacia do rio Apa, em território brasileiro, abrange uma área de 12.000 km². Antecedendo esta delimitação e com base em reuniões da Câmara Técnica de Gestão de Recursos Hídricos Transfronteiriços - CTGRHT, a bacia do rio Apa possuiria uma área física de 15.617,53 km², deste total, 12.181,31 km² estariam em território brasileiro e 3.436,22 km² em território paraguaio.

A partir desta pesquisa considera-se 15.432,72 km² de área para a bacia hidrográfica do rio Apa, sendo 11.513,72 km² em território brasileiro e 3.919 km² em território paraguaio.

A hipsometria nos indica por meio de pontos cotados e curvas de nível o conhecimento topoaltimétrico da área. Os perfis nos mostram pontualmente e/ou localmente as características morfométricas traçadas (FERREIRA, 2011).

O mapa hipsométrico, conforme apresentado na Figura 7, indicou predominância da variação de altitude de 204 a 257 metros, totalizando uma área de aproximadamente 3.206,57 km², perfazendo 20,78 % do total da área da bacia. Essas áreas estão localizadas na porção centro-oeste expandindo-se para leste na bacia.

A Tabela 5 descreve as classes de compartimentos altimétricos da bacia do rio Apa.

Tabela 5 - Classes de compartimentos altimétricos

Classes Altimétricas	Área (km²)	Área (%)
68 a 148 metros	1.889,31	12,24
148 a 204 metros	3.110,44	20,15
204 a 257 metros	3.206,57	20,78
257 a 313 metros	2.513,75	16,29
313 a 375 metros	1.919,29	12,44
375 a 444 metros	1.222,49	7,92
444 a 521 metros	641,38	4,16
521 a 604 metros	627,03	4,06
604 a 747 metros	302,47	1,96
Total	15.432,72	100

As altas altitudes compreendem as classes de 521 a 604 metros e 604 a 747 metros, localizadas a norte na serra da Bodoquena e a leste na nascente do rio Apa, na região denominada Cabeceira do Apa.

Ao norte da bacia do rio Apa, na serra da Bodoquena, foi instituído através do Decreto Federal de 21 de Setembro de 2000, o Parque Nacional da Serra da Bodoquena, com uma área total de 76.826,13 ha, sendo 37,31 % desse total inseridos na bacia do rio Apa, compreendendo uma área de 28.666,46 ha. Isso evidencia o grau de proteção determinado por lei para esta área.

O rio Apa nasce na região denominada de Cabeceira do Apa no município de Ponta Porã, a 708,00 metros de altitude (DSG, 1990). Suas águas desembocam na margem esquerda do rio Paraguai, a 80,00 m de altitude, próximo ao destacamento do Exército Brasileiro (2ª Cia de Fronteira), com aproximadamente 6,4 km de distancia da foz do rio Apa.

A Figura 7 apresenta a espacialização das classes altimétricas da bacia transfronteiriça do rio Apa.

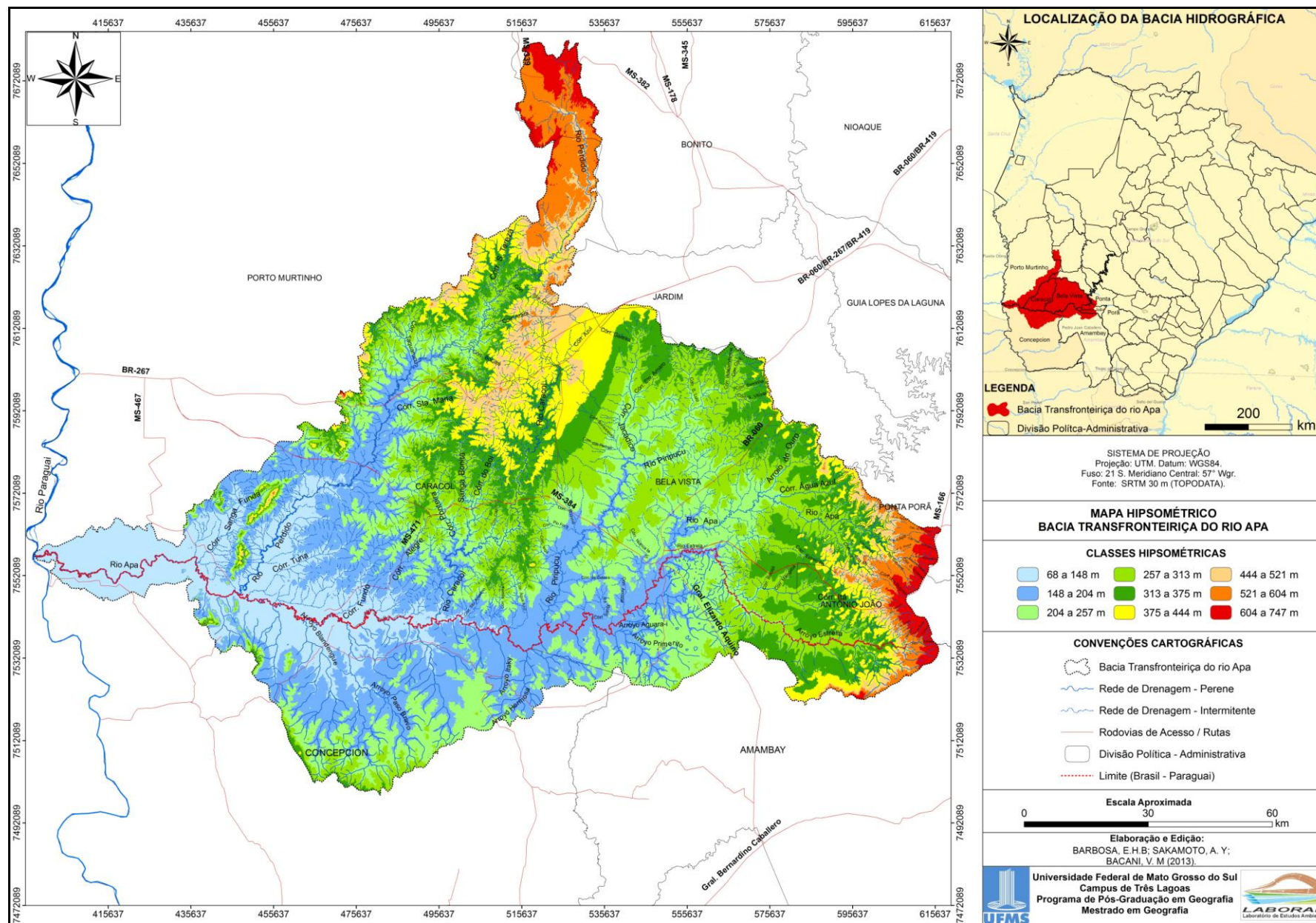


Figura 7. Mapa Hipsométrico da bacia transfronteiriça do rio Apa.

O comprimento do perfil longitudinal do rio Apa é de aproximadamente 315 km com uma altimetria variando de 550 m no alto curso a 80 m no seu baixo curso, portanto com uma amplitude de 470 m. A Figura 8 exemplifica o desnível altimétrico.

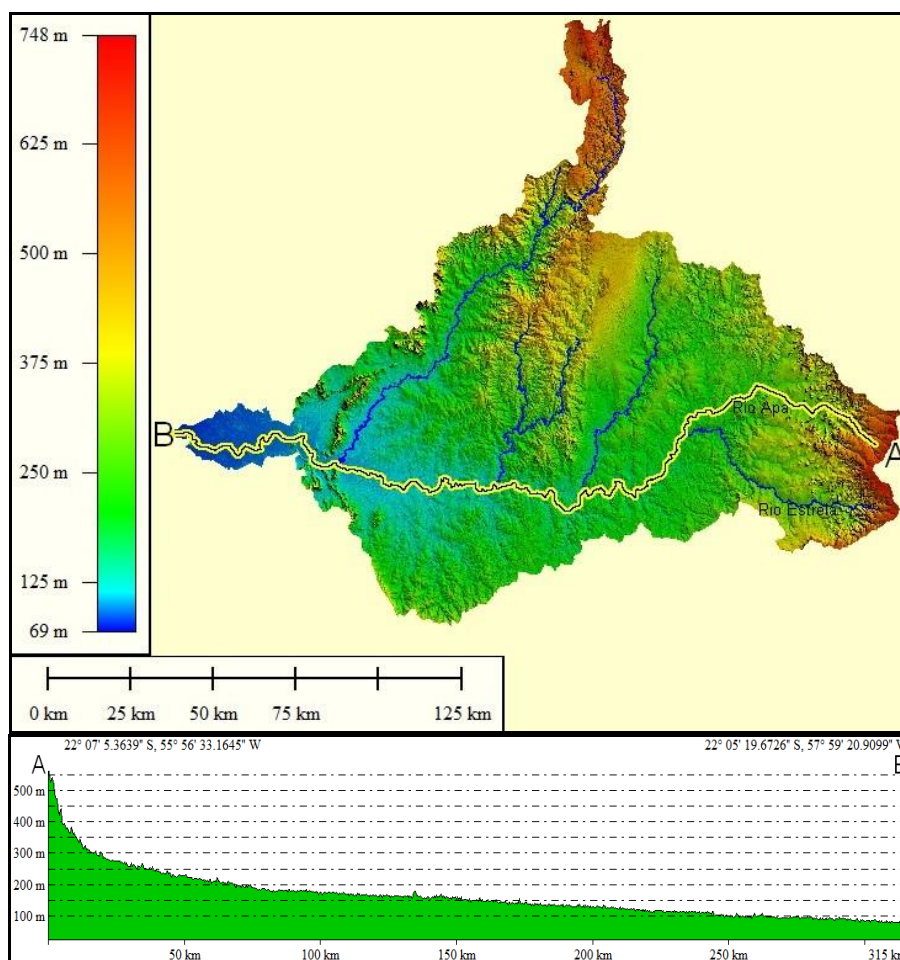


Figura 8. Perfil longitudinal (corte A – B) do rio Apa.

Conforme a classificação das formas de relevo, com base na amplitude citada por Moreira e Neto (1998), o Perfil longitudinal apresenta um relevo do tipo Montanha Dissecada.

Relacionando o perfil longitudinal apresentado na Figura 7, com a base estrutural geológica do terreno, formada por rochas sedimentares, gerou uma forma de relevo Tabular (acamamento plano horizontal).

Outro curso hídrico importante é o Rio Estrela, que nasce no município de Antonio João, a 699 m de altitude e deságua no rio Apa no município de Bela Vista.

A Figura 9 apresenta o perfil transversal traçado próximo da nascente do rio Apa e do rio Estrela abrangendo uma distancia de 37,7 km. Neste perfil a altimetria

variou de aproximadamente 546 m a 545 m, apresentando uma amplitude de 20 m, típica de relevo Plano, conforme Moreira e Neto (1998).

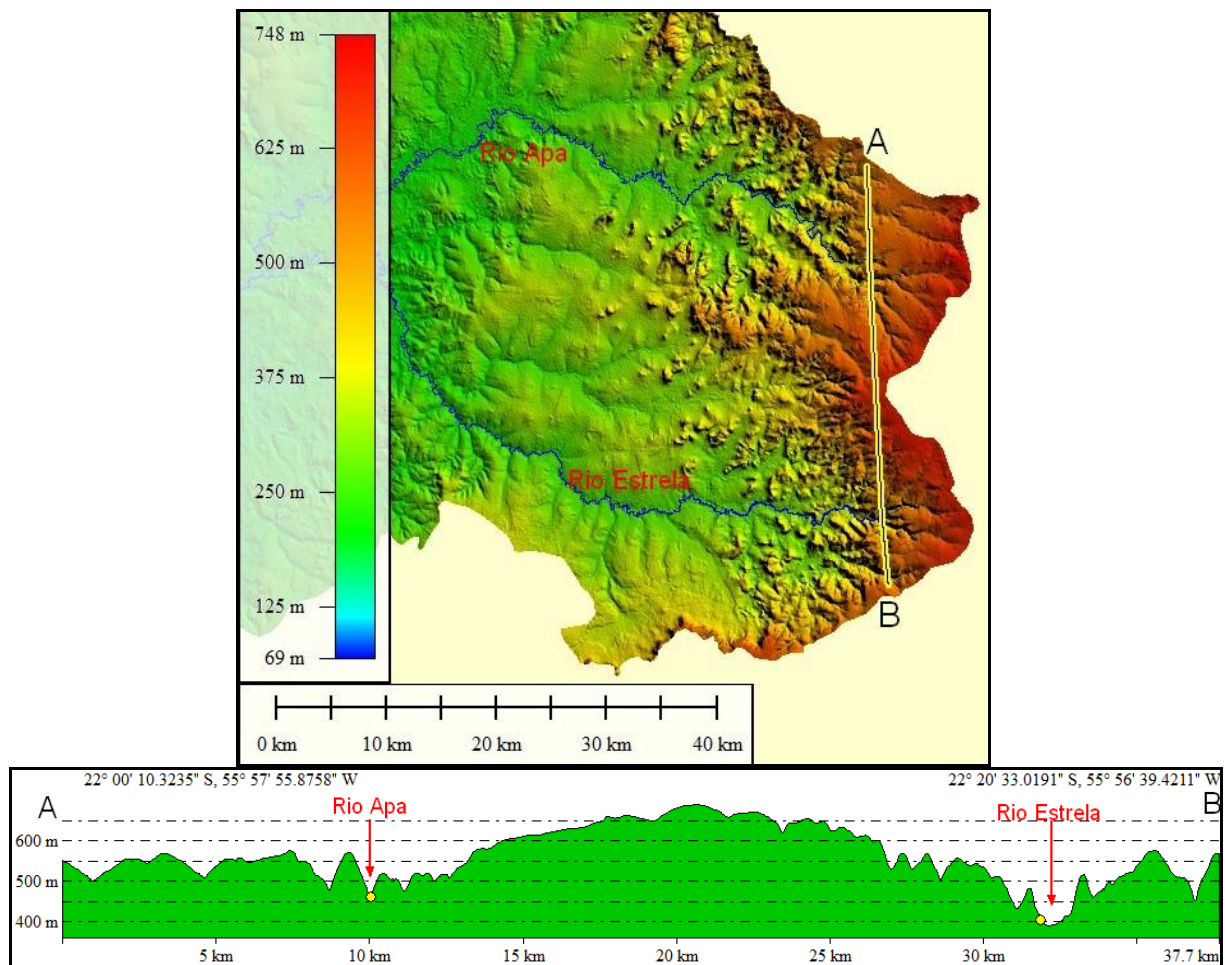


Figura 9. Perfil transversal (corte A – B) próximo as nascentes do rio Apa e rio Estrela.

No meio curso, o perfil transversal traçado apresenta uma distancia de 171 km. A variação altimétrica é de 600 m a 350 m, com uma amplitude 250 m. De acordo com Moreira e Neto (1998), o relevo é do tipo Morro Dissecado. A Figura 10 identifica o traçado do perfil no médio curso da bacia do rio Apa.

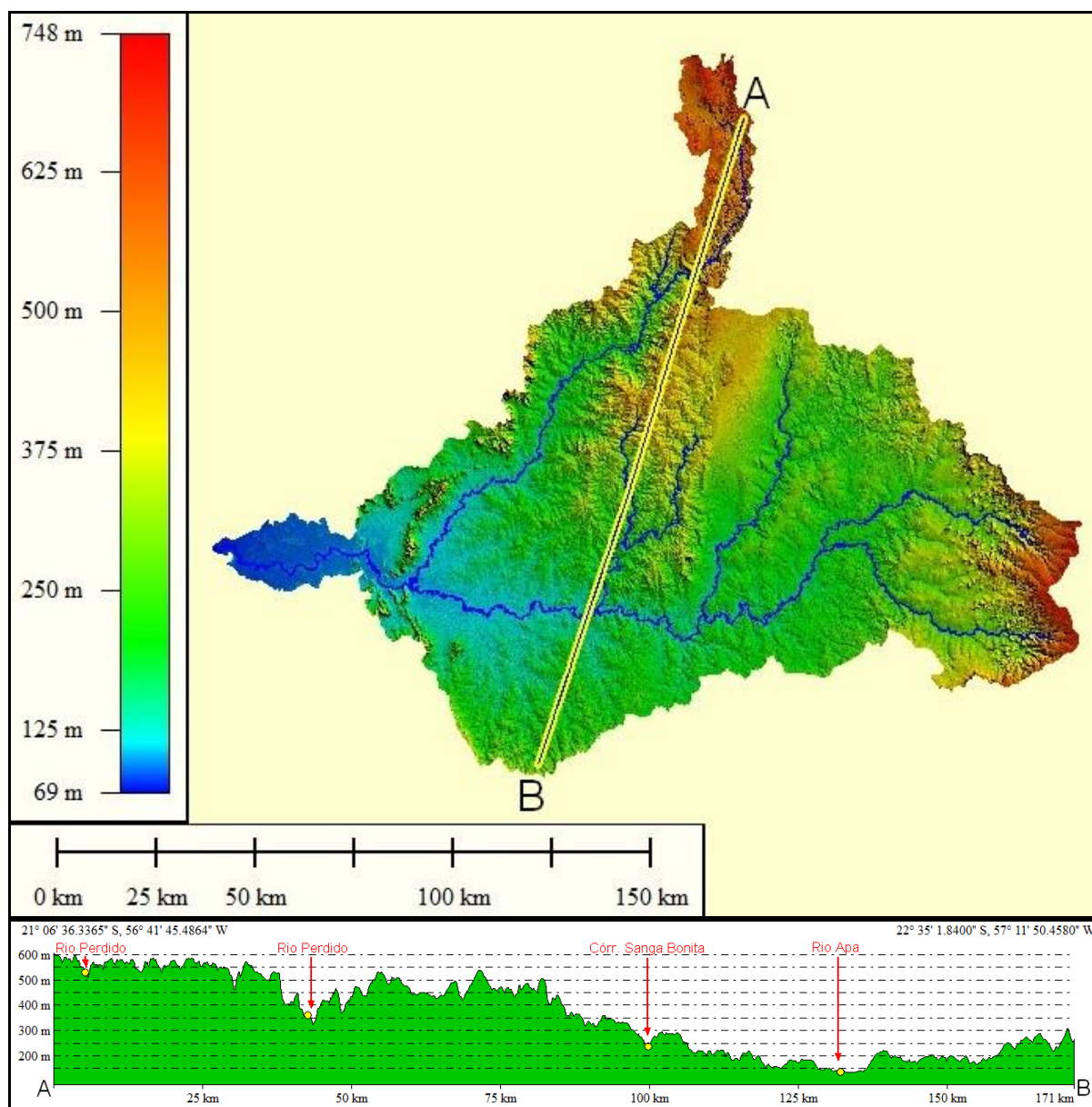


Figura 10. Perfil transversal (corte A – B) no médio curso da bacia do rio Apa.

A Figura 11 representa o perfil transversal traçado próximo ao baixo curso hidrográfico da bacia do rio Apa com uma distância de 12,21 km. Neste perfil a altimetria variou de 85 m a 115 m, apresentando uma amplitude de 30 m.

Observa-se que o relevo apresentado pelo perfil longitudinal é do tipo Plano, seguindo a classificação de Moreira e Neto (1998).

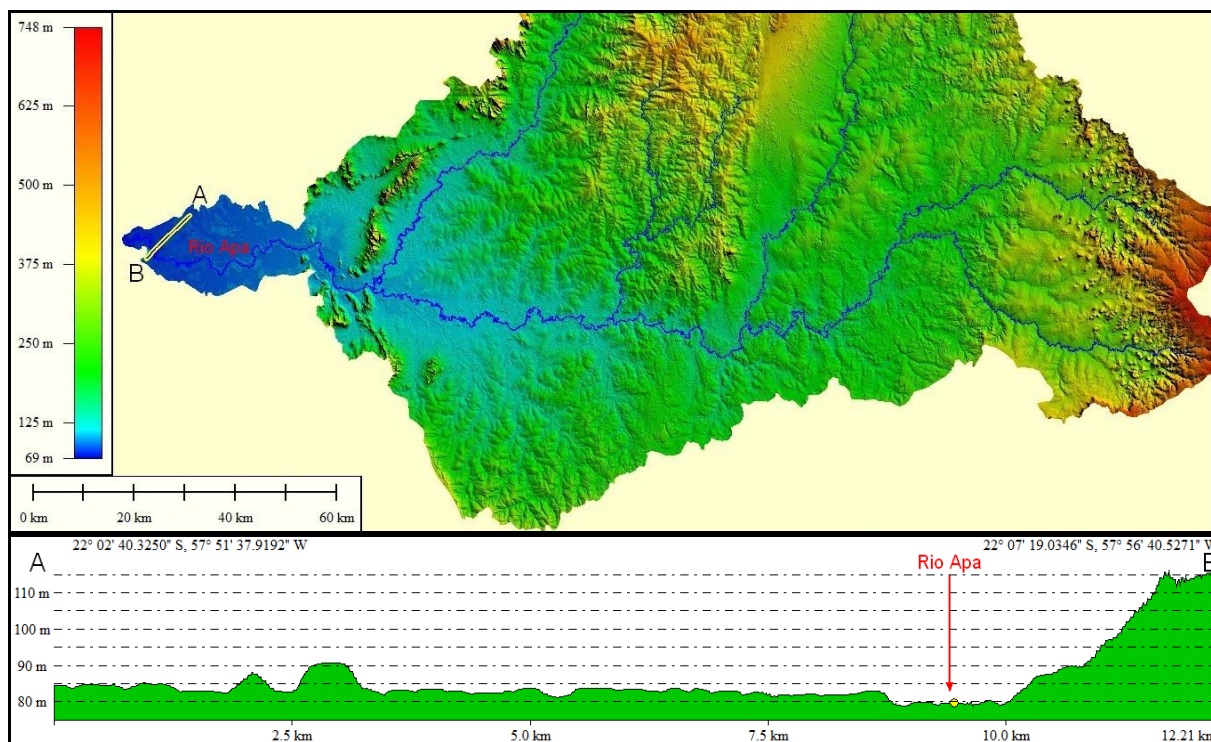


Figura 11. Perfil transversal (corte A – B) no baixo curso da bacia do rio Apa.

O mapeamento da clinografia (Figura 12) indica que as áreas mais inclinadas encontram-se nas nascentes, onde se constatou inclinações superiores a 30%, o que tende a aumentar o fluxo de escoamento superficial e o arrastamento de matéria provenientes das rochas e do solo. De acordo com Mendonça (1999), em áreas com inclinações mais acentuadas ocorrem deslizamentos de terreno e como consequência a perda agrícola. O efeito erosivo será potencializado com a retirada da cobertura vegetal próxima ao curso hídrico, contribuindo com o processo de assoreamento do leito. A retirada da cobertura vegetal altera as relações processuais, com isso a chuva deixa de ser interceptada, proporcionando a desagregação mecânica do solo pelo efeito de “*splash*”, ao mesmo tempo em que responde pelo aumento do fluxo por terra com consequente dessoloagem, ravinamento ou mesmo deslizamento de massa.

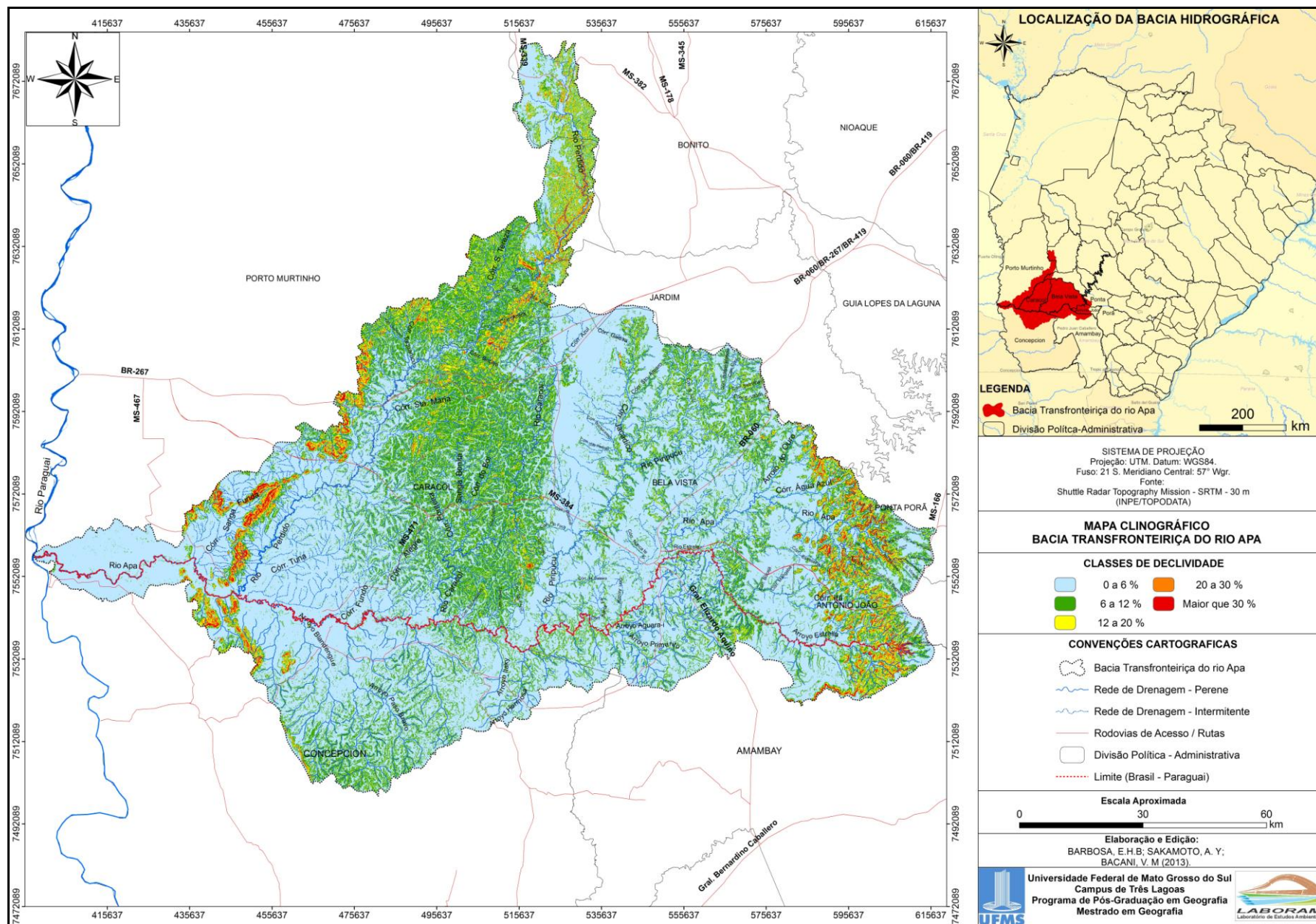


Figura 12. Mapa Clinográfico da bacia transfronteiriça do rio Apa.

A Tabela 6 quantifica a espacialização da declividade na área da bacia do rio Apa.

Tabela 6 – Quadro de áreas das classes de declividade

Classes de Declividade	Área (km²)	Área (%)
0 a 6 %	10.378,93	67,25
6 a 12 %	3.912,84	25,35
12 a 20 %	767,42	4,97
20 a 30 %	249,89	1,62
Maior que 30 %	123,65	0,80
Total	15.432,72	100

Nota-se que há predominância das áreas com declividade de 0 a 6%, representando 67,25 % da área total da bacia, em seguida as classes com declividade de 6 a 12 %, ocupam 25,35 % da área da bacia.

Nessas áreas predominantes, o vale apresenta-se aberto e bastante plano, Mendonça (1999), salienta que o processo erosivo, nessas áreas, desenvolve-se principalmente de forma laminar, devido à baixa velocidade de escoamento superficial, podendo dar origem a ravinamentos. Geralmente nessas áreas com baixas ocorrem o fluxo de água em lençol e extensas áreas de alagamento, formando-se áreas de várzeas.

Ainda segundo Mendonça (1999), a ação da água no relevo está associada a outros fatores como a geologia e a cobertura pedológica, que podem ser mais importantes no desencadeamento de processos erosivos que a hipsometria da área.

Devido à importância que se apresenta, merecem estudos específicos e aprofundados, dentre eles, o potencial natural à erosão é um produto cartográfico que determina através de uma sobreposição ponderada, as áreas suscetíveis a processos erosivos, levando em consideração a declividade do terreno e a cobertura pedológica.

As vertentes da bacia do rio Apa estão orientadas predominantemente no sentido Sul, caracterizada por baixa incidência de radiação solar, conforme ilustrado na Figura 13.

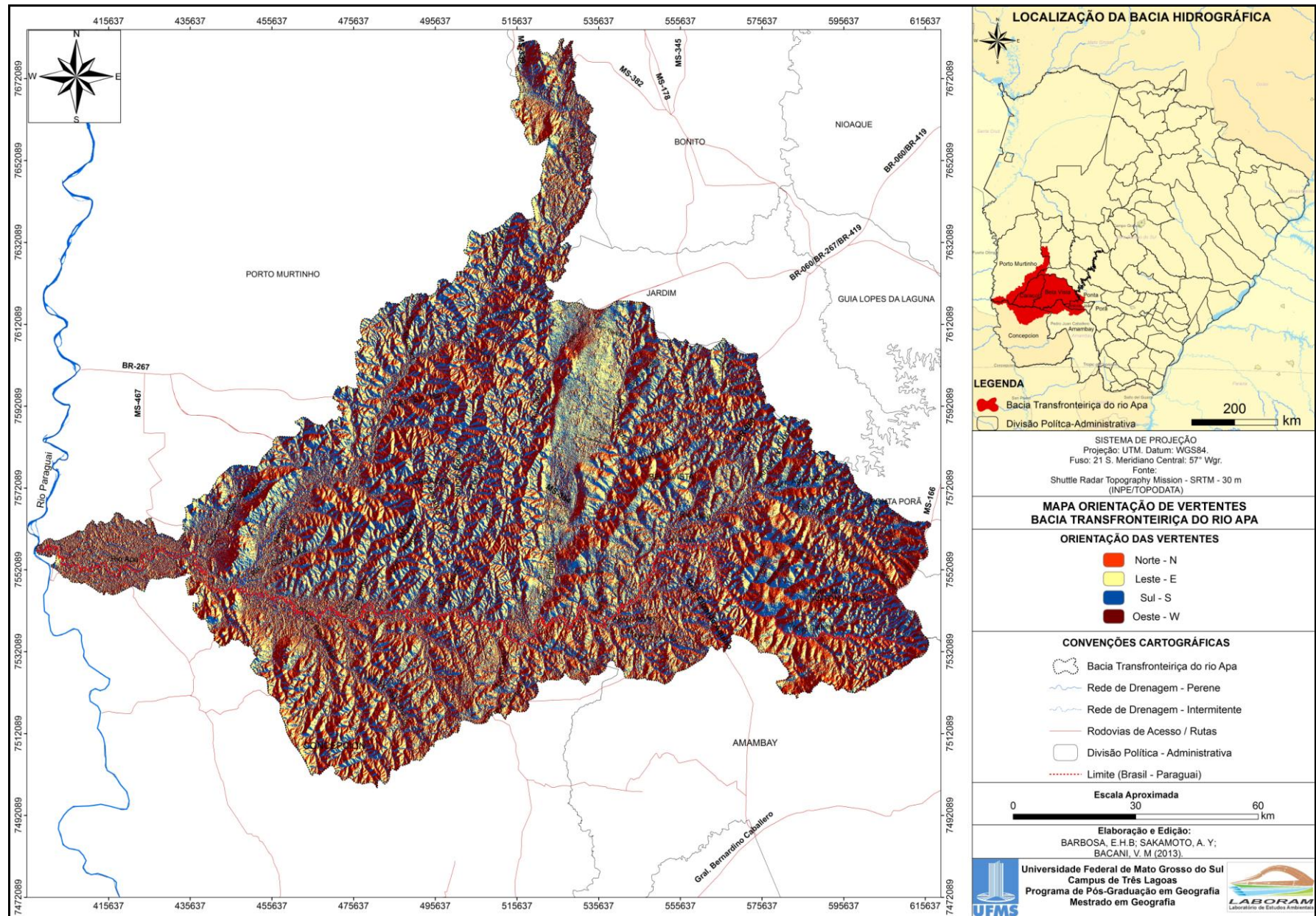


Figura 13. Mapa de Orientação de Vertentes da bacia transfronteiriça do rio Apa.

As vertentes orientadas para Oeste caracterizam-se, segundo Neves (1989), como as mais desfavoráveis quanto à incidência solar e ao conforto térmico, pois recebem a radiação solar direta durante à tarde, período em que a temperatura é mais elevada. Assim, a margem direita recebe maior incidência de radiação solar.

Em relação às vertentes voltadas para leste, Neves (1989) afirma que estas apresentam um beneficiamento quanto ao conforto térmico, sendo favoráveis principalmente à ocupação urbana, já que a insolação ocorre de forma direta pela manhã, período em que as temperaturas são mais amenas. Desta maneira, apresentam-se adequadas para a implantação de projetos que visem à restauração da floresta, principalmente em áreas preservação permanente. As áreas que recebem menor quantidade de calor solar estão distribuídas no alto curso e ao longo de toda a área da bacia.

No hemisfério sul as vertentes orientadas para norte recebem maior irradiância solar, enquanto que as vertentes voltadas para o sul recebem menor incidência solar, sendo, portanto, menos privilegiadas quanto à insolação. Para Lombardo (1996) o fluxo de radiação que chega a uma vertente bastante inclinada e posicionada em direção norte, em áreas subtropical austral, será mais intenso do que outra, com a mesma inclinação e no mesmo local, posicionada em direção sul.

Nesse sentido, o mapa de orientação de vertentes apresentou-se com um importante documento de apoio a orientação de ocupações futuras, no manejo florestal e produção agrícola na bacia transfronteiriça do rio Apa.

6.2 Uso da Terra e Cobertura Vegetal

A avaliação temporal do uso da terra e da cobertura vegetal revelou as diversas técnicas de produção e transformação no território da bacia transfronteiriça do rio Apa.

Foram classificadas sete categorias temáticas para o ano 1987 e oito classes para o mapeamento do ano de 2012. Identificaram-se as seguintes classes: Corpos d'água, Área Úmida, Fragmento Florestal, Solo Exposto, Pastagem, Áreas de Cultivo (Agricultura), Silvicultura (Eucalipto) e Área Urbana. O mapa de 1987, não levou em consideração a classe Silvicultura (Eucalipto), devido à falta de suporte para a validação da classe, sendo utilizada a classe temática denominada de Mata, para caracterizar todas as áreas cobertura vegetal de porte arbóreo denso.

As classes mapeadas recentemente (2012) permitiram o reconhecimento de campo, no lado brasileiro da bacia analisada.

A classe temática denominada Corpos d'água, corresponde aos corpos hídricos perenes, com largura entre 50 a 70 metros aproximadamente (Figura 14) e espelhos d'água com superfície mínima de 1,00 ha, denominadas lagos ou lagoas naturais.

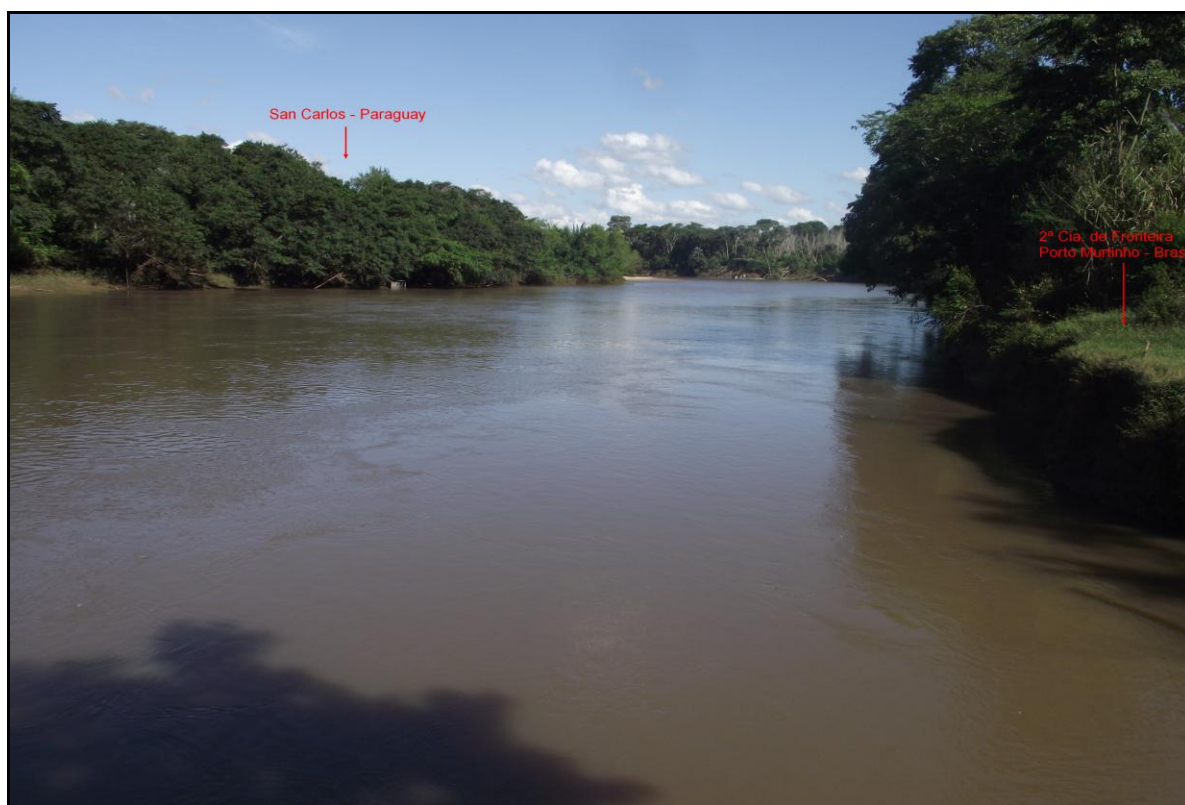


Figura 14. Rio Apa, trecho fronteiro com Brasil e Paraguai, localizado no destacamento do Exército da 2ª Cia. de Fronteira.

A classe Área Úmida corresponde a áreas de inundação com características intermitentes ou permanentes. A Figura 15 apresenta uma área de vazante.



Figura 15. Área de vazante, no trecho da MS 384.

Segundo FADEMS (2012), a bacia hidrográfica encontra-se dentro do bioma Cerrado com grande influência do Chaco e da Mata Atlântica.

A classe Fragmento Florestal possui a característica de cobertura vegetal típicas de Cerrado (arbórea aberta), Cerradão (arbórea densa), mata de galeria e mata de encosta, conforme a Figura 16.



Figura 16. Cerradão, no trecho da MS 384.

Observaram-se áreas com o solo desprotegido, com ausência da cobertura vegetal. Para a abertura das estradas que dão acesso ao interior da bacia do rio Apa, foi necessária a supressão da vegetação da área, conforme a Figura 17. Há ocorrência de exposição do solo em áreas de pastagem, onde o processo é desencadeado pela aquisição de novas áreas de pastagens, desmatamentos, pela falta de preparo e manejo do solo, ocorrendo atividades extrativistas com a modificação da paisagem natural. A essa característica atribuiu-se a denominação para a classe temática de Solo Exposto.

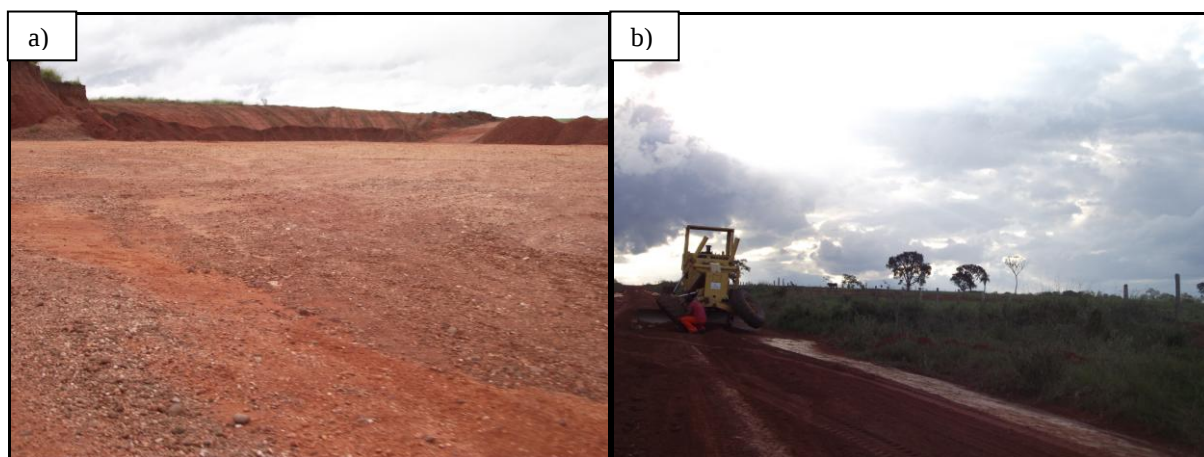


Figura 17. a) Movimentação de terra para fins de aterro, localizado no trecho da MS 166 e, b) Manutenção do trecho da estrada MS 384.

A principal atividade de produção e transformação no território da bacia analisada é a criação de gado, representada pela classe Pastagem, onde se desenvolve atividades de pecuária de corte, leiteira e extensiva, conforme apresentado na Figura 18. A pastagem é constituída pela *Brachiaria decumbens* e *Brachiaria humidicula*, presentes em áreas úmidas e com baixa declividade.

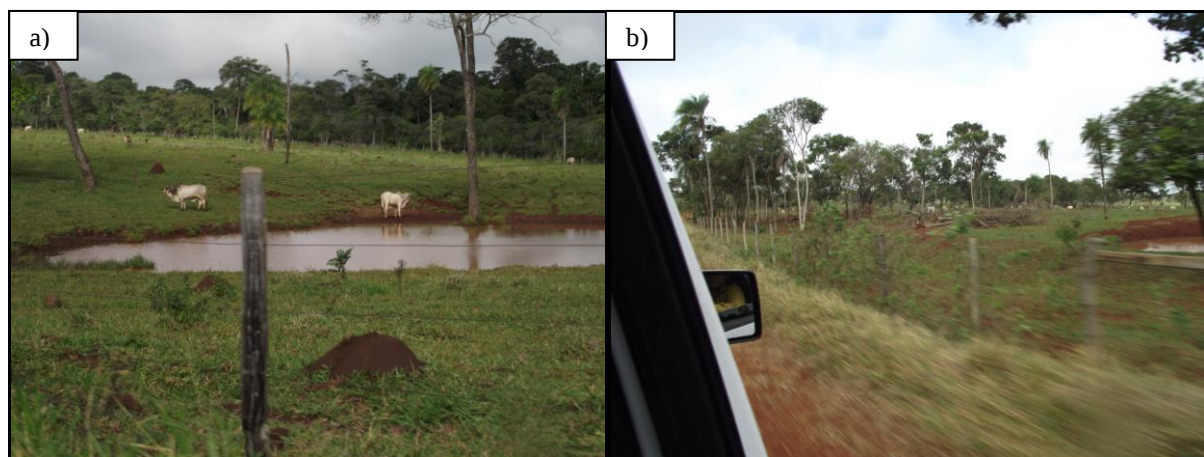


Figura 18. a) Pecuária de corte, em uma propriedade rural e, b) Pecuária extensiva.

A classe Área de Cultivo (Agricultura), exemplificada na Figura 19 são áreas destinadas para agricultura extensiva, presentes principalmente na região leste da bacia do rio Apa. A localização da produção está relacionada com a proximidade da bacia com as regiões produtoras de grãos do Estado.

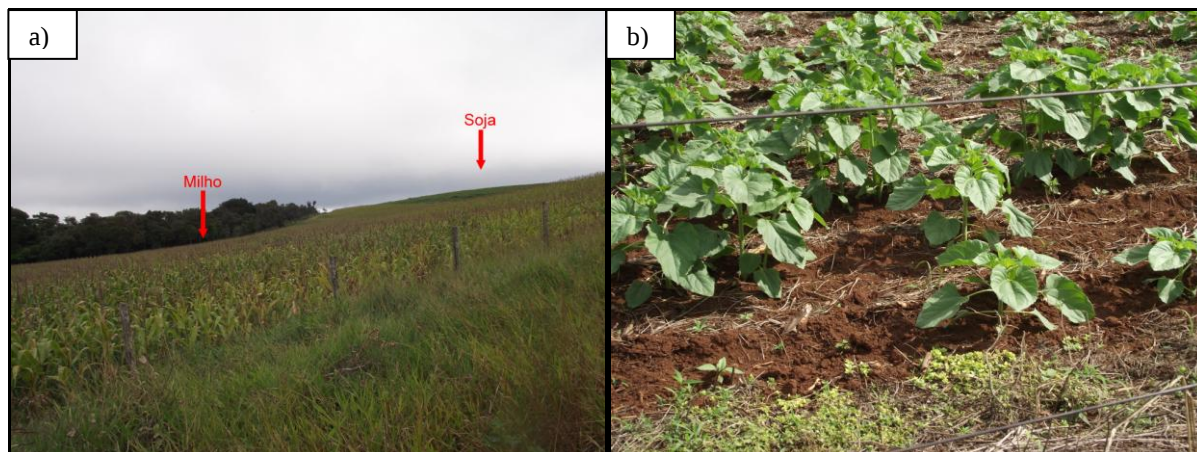


Figura 19. a) Plantação de Milho e ao fundo Soja e, b) Plantação de Feijão em uma pequena propriedade.

A classe Silvicultura (Eucalipto) é representada por outra forma de monocultura, utilizando o Eucalipto, apresentada na Figura 20. Esta classe encontra-se com maior predominância próxima as áreas de agricultura extensivas.



Figura 20. Áreas com monocultura (eucalipto), no trecho da MS 270.

A classe denominada de Área Urbana (Figura 21) refere-se às manchas urbanas presentes na bacia do rio Apa, representadas pelas cidades: Antônio João, Bela Vista, Caracol e em território paraguaio por *Bella Vista, Concepción e San Carlos*.



Figura 21. Área urbana do município de Caracol.

Analisando o uso da terra e cobertura vegetal no ano de 1987 e 2012, nota-se que em 25 anos, a paisagem da bacia do rio Apa, foi fortemente modificada pelas ações antrópicas. As Figuras 22 e 23 apresentam a espacialização dos diferentes tipos de uso e cobertura da terra no território da bacia transfronteiriça do rio Apa.

A Tabela 7 indica que o mapeamento temático do uso da terra e cobertura vegetal do rio Apa realizado com o classificador Battacharya apresentou uma qualidade muito boa para o ano de 2012.

Tabela 7 - Validação *Kappa* e Exatidão Global do ano de 2012 da bacia do transfronteiriça do rio Apa.

Classificador	Índice <i>Kappa</i>	Exatidão Global	Qualidade*
Battacharya	0,73	0,76	Muito Boa

*Conforme Landis e Koch (1977).

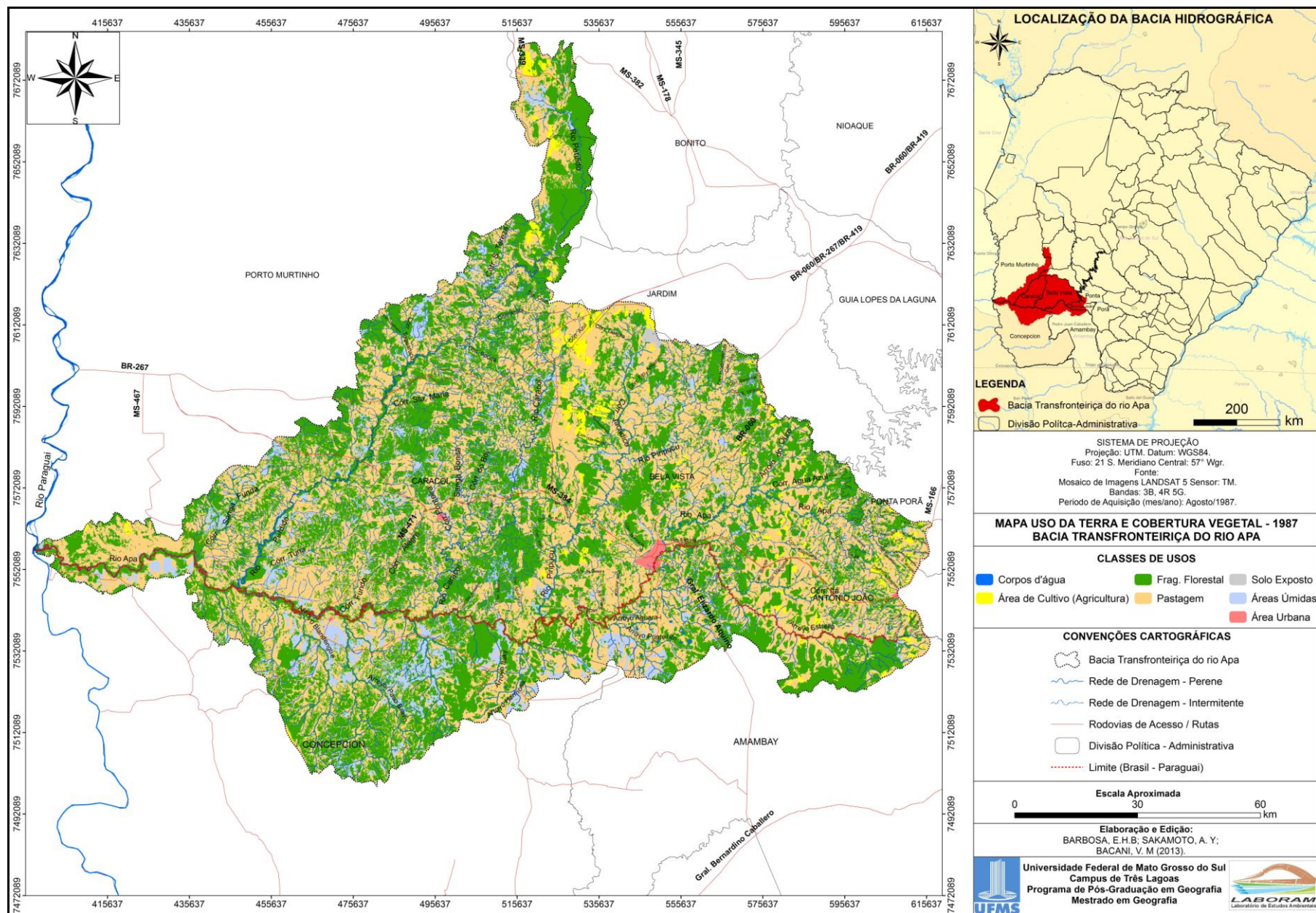


Figura 22. Mapa de Uso da Terra e Cobertura Vegetal do ano de 1987 da bacia transfronteiriça do rio Apa.

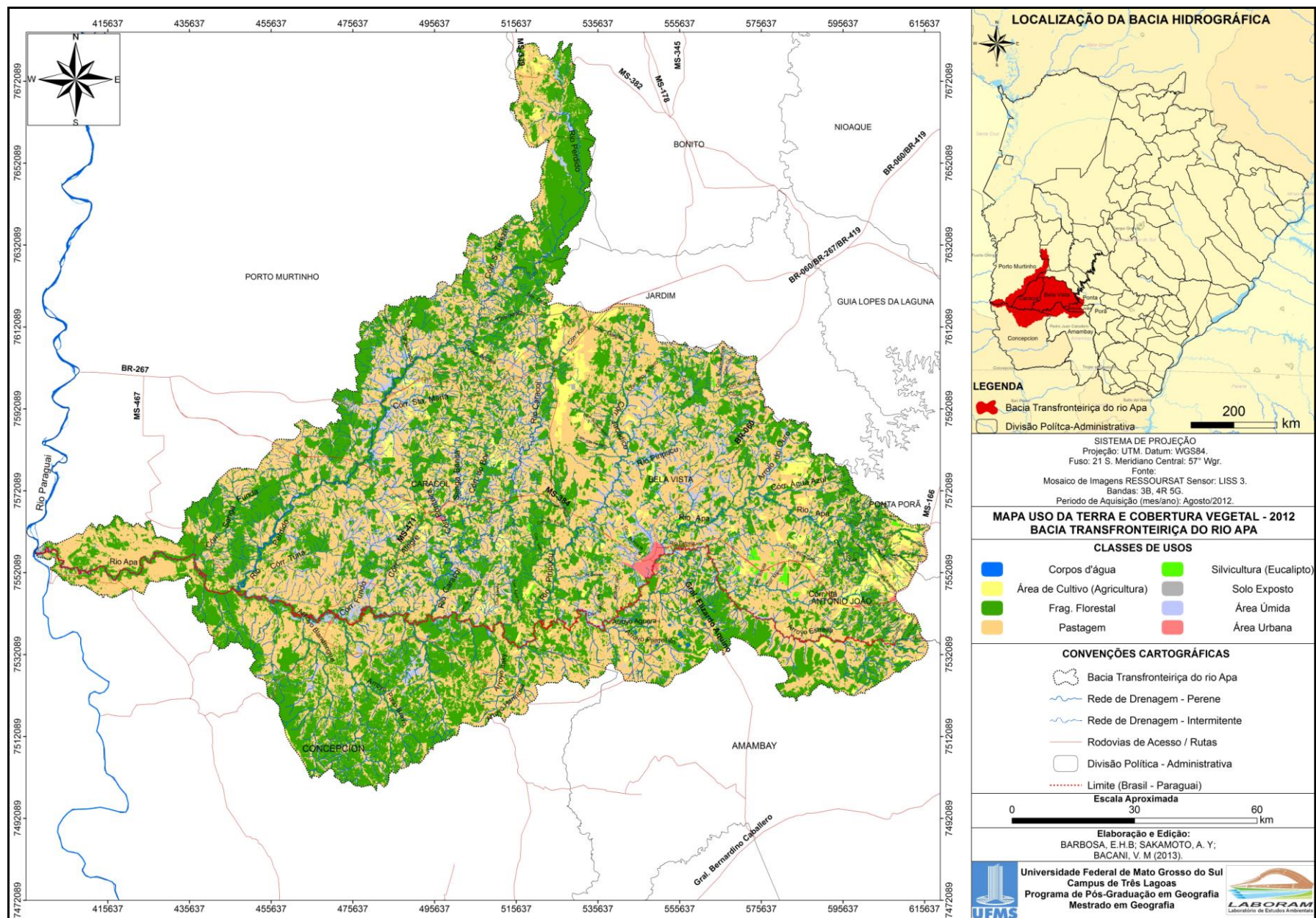


Figura 23. Mapa de Uso da Terra e Cobertura Vegetal do ano de 2012 da bacia transfronteiriça do rio Apa.

A seguir, a Tabela 8 representa a área total ocupada por cada classe mapeada ao longo das duas datas comparadas no mapeamento temporal.

Tabela 8 – Área ocupada pelas classes temáticas no uso da terra e cobertura vegetal em 1987 e 2012.

Classe Temática	Área (km ²)	Área (%)	Área (km ²)	Área (%)
	1987		2012	
Corpos d'água	45,27	0,29	44,44	0,29
Área de Cultivo (Agricultura)	281,98	1,83	491,23	3,18
Áreas Úmidas	906,43	5,87	686,84	4,45
Área Urbana	34,71	0,22	41,33	0,27
Fragmento Florestal	6.834,85	44,29	6.621,40	42,91
Pastagem	7.162,83	46,41	7.489,73	48,53
Solo Exposto	166,24	1,08	21,16	0,14
Silvicultura (Eucalipto)	*	*	36,03	0,23
Total	15.432,30	100,00	15.432,17	100,00

As classes representadas pela Pastagem, Mata, Área de Cultivo e Área Urbana permitiram uma comparação ao longo dos dois anos analisados, pois apresentaram variações significativas ao longo dos anos.

A classe denominada Áreas de Cultivo, representa as atividades agrícolas presentes na bacia. Nota-se que durante este período de 25 anos aumentou 209,25 km² de área o que corresponde há aproximadamente 1,36 %.

Outra classe que representa o modo de produção no território da bacia é a Pastagem. Esta por sua vez, aumentou 2,11 % de sua área ao longo de 25 anos, correspondendo há um aumento de 326,90 km².

Ao relacionar a produção com a vegetação do tipo arbórea (densa), que neste mapeamento é representada pela classe Mata, observa-se que houve uma supressão vegetal de 1,38 % de sua área, totalizando 213,45 km². Assim sendo, fica evidente que a supressão da Mata foi realizada para atender as áreas de cultivo. Apenas uma quantia de 0,02 % foi destinada ao aumento das áreas de pastagem, na bacia do rio Apa.

As áreas urbanas da bacia do rio Apa aumentaram 6,62 km², este fato deve-se ao aumento populacional. O município de Bela Vista teve a maior expansão urbana, com o aumento de 7,74 km² de área.

No mapeamento de ambos os anos, o solo exposto é evidenciado próximo à rede de drenagem. Fator este, relacionado aos processos de acumulação fluvial,

podendo ser natural devido a forma do relevo Tabular e acelerado pela retirada da cobertura vegetal próximo ao longo do leito da rede de drenagem da bacia do rio Apa. Ao contrario, a classe Solo Exposto apresentou uma diminuição de 0,94 %, fato explicado pelas praticas agrícolas e atividades de reflorestamento.

A atividade de Reflorestamento, utilizando o Eucalipto, esta inserida na bacia, mas não foi possível a analise temporal da atividade devido aos anos escolhidos.

Apesar de não apresentar resultados expressivos ou alarmantes, a bacia do rio Apa sofreu modificações neste período de 25 anos para atender o modo de produção. Dessa maneira, do ponto de vista socioeconômico essa é uma área de pequena diversificação do uso do solo, mantendo a tradição econômica do estado no que diz respeito aos produtos e estrutura fundiária, encaixando-se dentro do entendimento de sustentação da economia sul-mato-grossense alicerçada no binômio boi-soja, ainda que seja perceptível o avanço da silvicultura na borda da Apa e da agroenergia em áreas não muito distantes dessa unidade FADEMS (2012).

Portanto, ficam evidentes através deste mapeamento temporal que a principal atividade econômica da bacia do rio Apa é a pecuária extensiva e agricultura extensiva, para atender ao mercado consumidor. A tendência é aumentar a necessidade e a busca por novas áreas, a fim de aumentar a produção de grãos e de material lenhoso, utilizando as florestas plantadas.

A avaliação temporal identifica esta mudança no cenário ambiental da bacia analisada. Com o decorrer dos anos, ocorre a necessidade de aumentar a produção, a fim de atender novos mercados consumidores. Com isso, a técnica é aperfeiçoada e sofrem mudanças tecnológicas, um exemplo do sistema de produção capitalista, no ambiente rural é a mecanização do campo.

6.3 Mapeamento e Aplicações da Legislação Ambiental

A legislação ambiental é uma determinação política com fins coercitivos, que visam à preservação e a conservação do ambiente natural para manter o equilíbrio e a manutenção natural das espécies inseridas neste local.

A bacia transfronteiriça do rio Apa apresenta uma peculiaridade perante as outras bacias hidrográficas, devido à formação de um mosaico de Unidades de Conservação, em ambos os lados (brasileiro e paraguaio), conforme apresentado na Figura 24.

No lado brasileiro existem 07 (sete) Unidades de Conservação inseridas na bacia do rio Apa, classificadas conforme o Art. 7 da Lei Federal nº. 9.985 de 18 de Julho de 2000, que instituiu o Sistema Nacional de Unidades de Conservação – SNUC, como Unidades de Proteção Integral e Unidades de Uso Sustentável. No lado paraguaio estão o Parque Nacional Paso Bravo e o Parque Nacional Bella Vista, este último com menor representatividade na bacia transfronteiriça do rio Apa.

As Unidades de Conservação foram criadas a partir do ano de 2000, a primeira foi a Reserva Particular do Patrimônio Natural – RPPN Margarida, através da Portaria 034/2000, publicada no Diário Oficial da União em 16 de Junho de 2000, no mesmo ano, o Decreto Federal de 21 de Setembro de 2000, cria o Parque Nacional da Serra da Bodoquena. A partir disso, foram criadas, através de decretos municipais as Áreas de Proteção Ambiental – APA e o único Parque Natural Municipal.

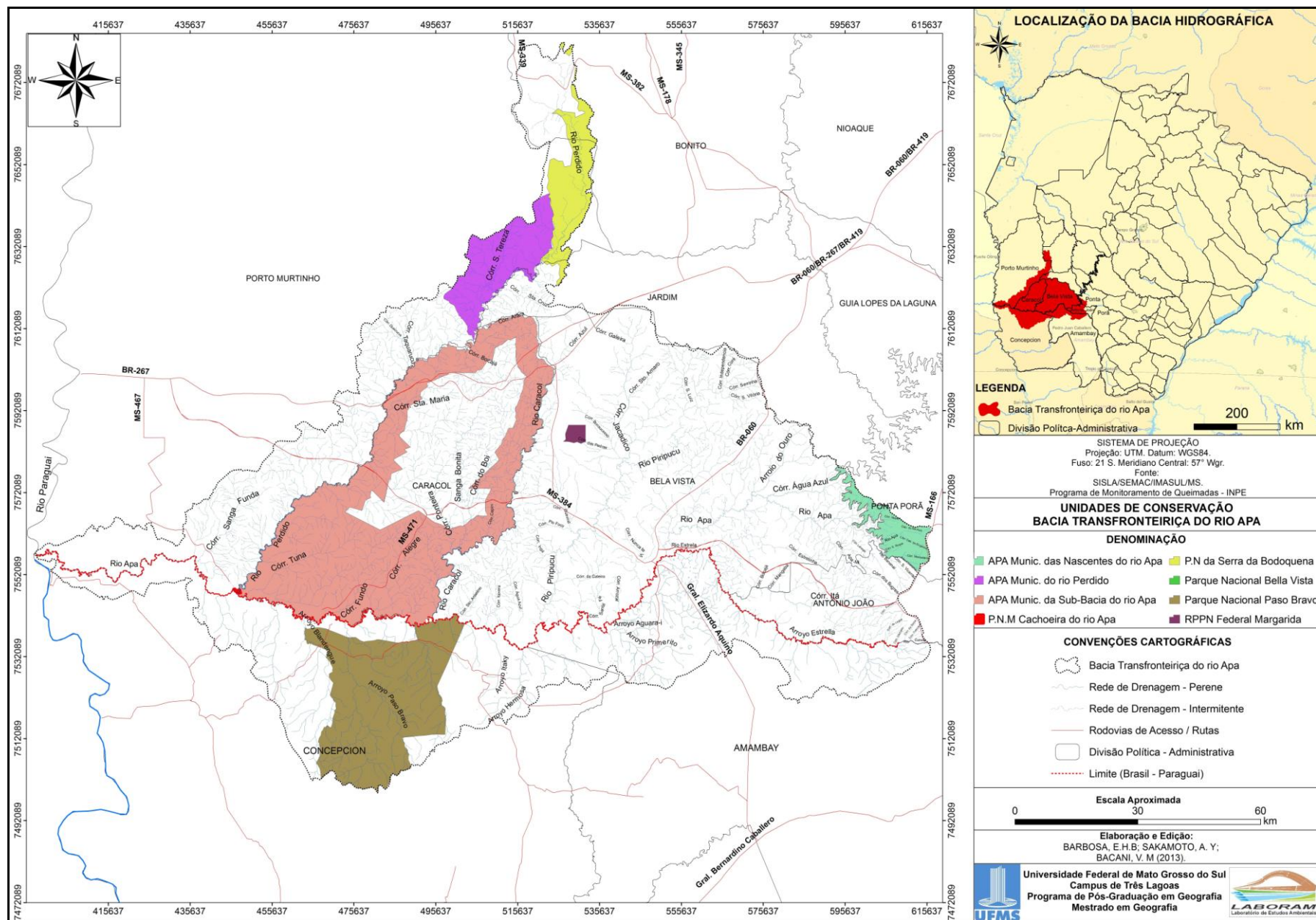


Figura 24. Mapa de Mosaico de Unidades de Conservação na bacia transfronteiriça do rio Apa.

A Tabela 9 apresenta a descrição de todas as UCs inseridas na bacia transfronteiriça do rio Apa e exemplifica a ordem cronológica de criação das Unidades de Conservação.

Tabela 9 – Criação das Unidades de Conservação na bacia transfronteiriça do rio Apa.

Unidade de Conservação	Ato de criação	Área Total (ha)	Área inserida na bacia (ha)
RPPN Federal Margarida	Portaria nº. 034/2000	1.999,31	1.999,31
Parque Nacional da Serra da Bodoquena	Decreto Federal de 21 de Setembro de 2000	76.826,13	28.666,46
Parque Natural Municipal da Cachoeira do rio Apa	Decreto Municipal nº. 2.573/2001	58,31	58,31
APA Municipal das Nascentes do rio Apa	Decreto Municipal nº. 4.743/2004	17.196,16	16.154,90
APA Municipal do rio Perdido	Decreto Municipal nº. 3.107/2005	36.246,02	36.246,02
APA Municipal da Sub-Bacia do rio Apa	Decreto Municipal nº. 052/2009	195.148,52	195.148,52
Parque Nacional Paso Bravo	<i>Decreto del Poder Ejecutivo nº 20.712 del 20 de abril de 1998</i>	103.108,00	97.380,95
Parque Nacional Bella Vista	-	7.261,70	19,59

Nota-se que apenas 37,31% do Parque Nacional da Serra da Bodoquena estão inseridos na área da bacia. A APA Municipal das Nascentes do rio Apa possui 93,94% de sua área inserida na bacia. As demais UCs estão 100% inseridas na bacia.

Na bacia transfronteiriça do rio Apa a maior extensão ocupada por uma Unidade de Conservação é a APA da Sub-Bacia do rio Apa, com área de 195.148,52 ha.

As faixas de preservação na bacia hidrográfica do rio Apa, para efeitos legislativos, são denominadas de Áreas de Preservação Permanentes (APP). As APPs são áreas protegidas, cobertas ou não por vegetação nativa, com a função ambiental de preservar os recursos hídricos, a paisagem, a estabilidade geológica e

a biodiversidade, facilitar o fluxo gênico de fauna e flora, proteger o solo e assegurar o bem-estar das populações humanas, conforme o item II do Art. 3 da Lei nº. 12.651 de 25 de Maio de 2012.

Aplicam-se para a bacia transfronteiriça do rio Apa, em conformidade com o Novo Código Florestal Brasileiro, as seguintes áreas para qualquer curso d'água natural perene e intermitente, excluídos os efêmeros, desde a borda da calhado leito regular:

- 30 (trinta) metros, para os cursos d'água de menos de 10 (dez) metros de largura;
- 50 (cinquenta) metros, para os cursos d'água que tenham de 10 (dez) a 50 (cinquenta) metros de largura;
- 100 (cem) metros, para os cursos d'água que tenham de 50 (cinquenta) a 200 (duzentos) metros de largura.

As áreas no entorno dos lagos e lagoas naturais, em faixa de largura mínima de:

- 100 (cem) metros, em zonas rurais, exceto para o corpo d'água com até 20 (vinte) hectares, cuja faixa marginal será de 50 (cinquenta) metros;
- 30 (trinta) metros, em zonas urbanas.

As demais áreas são:

- Áreas no entorno das nascentes e dos olhos d'água perenes, qualquer que seja sua situação topográfica, no raio de mínimo de 50 (cinquenta) metros;
- No topo de morros, montes, montanhas e serras, com altura mínima de 100 (cem) metros e inclinação média maior que 25°, as áreas delimitadas a partir da curva de nível correspondente a 2/3 (dois terços) da altura mínima da elevação sempre em relação à base, sendo esta definida pelo plano horizontal determinado por planície ou espelho d'água adjacente ou, nos relevos ondulados, pela cota do ponto de sela mais próximo da elevação.

No território paraguaio, a *Ley nº. 422/73 Florestal*, em seu Art. 2º, alínea “d”, tem com objetivo, a proteção das bacias hidrográficas e mananciais.

A lei paraguaia não determina faixas de preservação ao longo dos cursos hídricos, topos de morros e declividades acima de 45°. A única semelhança refere-se à determinação de área dentro das propriedades rurais, que se assemelham as áreas de reserva legal, determinadas pela lei brasileira.

Assim, a *Ley nº. 422/73 Florestal* determina:

Art. 42.- *Todas las propiedades rurales de más de veinte hectáreas en zonas forestales deberán mantener el veinticinco por ciento de su área de bosques naturales. En caso de no tener este porcentaje mínimo, el propietario deberá reforestar una superficie equivalente al cinco por ciento de la superficie del predio.*

Logo, para determinar o mapeamento da legislação ambiental na bacia transfronteiriça do rio Apa, deve-se levar em consideração, a espacialização fundiária nos dois países.

O mapeamento fundiário seria um dos instrumentos para determinar a recomposição florestal das áreas de preservação permanente com áreas consolidadas, pois o Novo Código Florestal Brasileiro, leva em conta, o módulo fiscal da propriedade para a recuperação das APPs, conforme o Art. 61.

A Figura 25 exemplifica a espacialização das Áreas de Preservação Permanente, determinadas pela Lei Federal Brasileira nº. 12.651 de 25 de Maio de 2012.

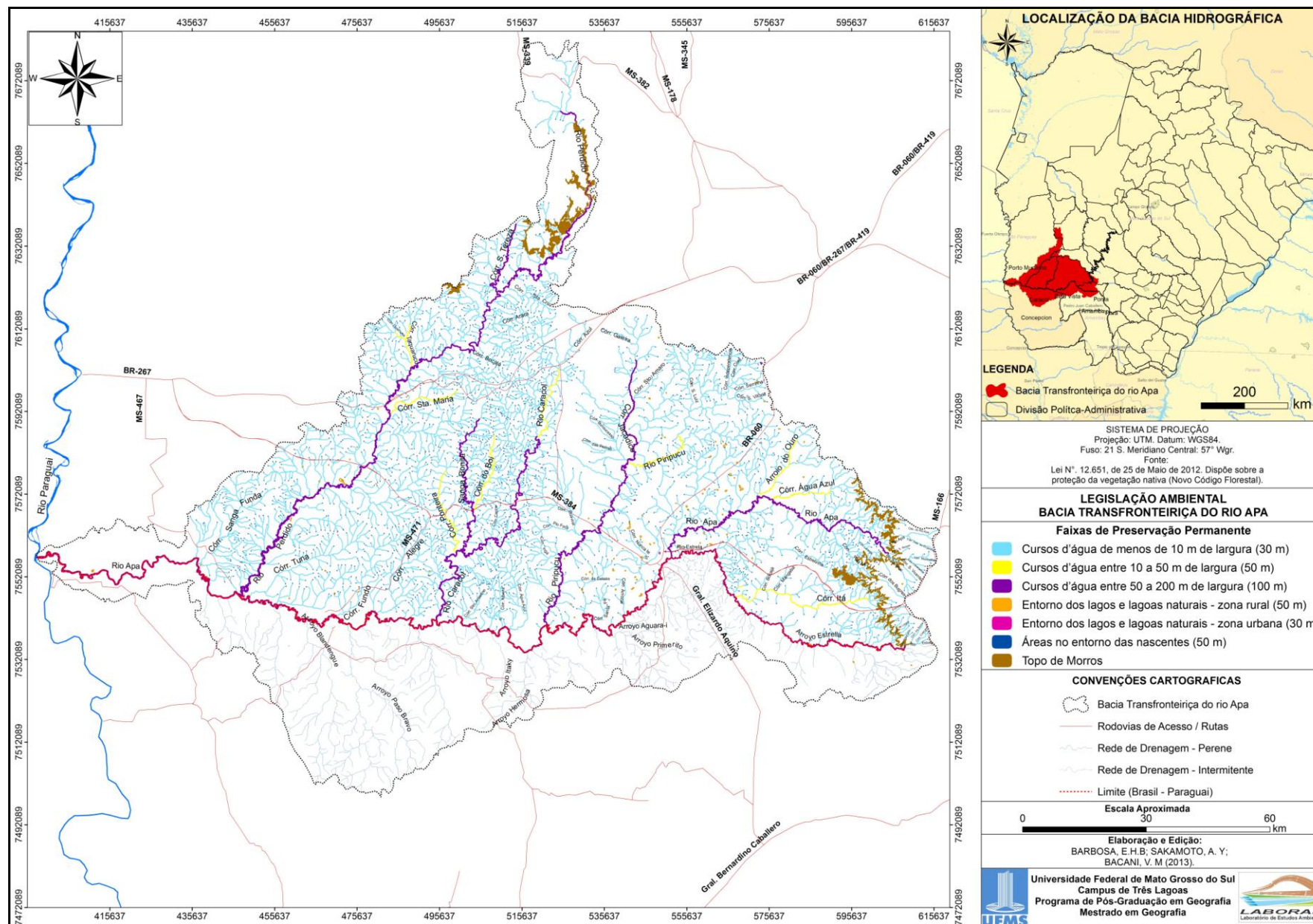


Figura 25. Mapa da espacialização das Áreas de Preservação Permanente no lado brasileiro da bacia transfronteira do rio Apa.

A Tabela 10 apresenta as áreas destinadas à preservação permanente para o lado brasileiro, da bacia do rio Apa.

Tabela 10 – Áreas de Preservação Permanente na bacia do rio Apa

Descrição	Área a ser determinada (km²)
30 metros, para os cursos d'água de menos de 10 metros de largura	417,28
50 metros, para os cursos d'água que tenham de 10 a 50 metros de largura	23,06
100 metros, para os cursos d'água que tenham de 50 a 200 metros de largura	259,33
Entorno dos lagos e lagoas naturais – 50 metros em zonas rurais	6,80
Entorno dos lagos e lagoas naturais – 30 metros em zonas urbanas	0,07
Áreas no entorno das nascentes e dos olhos d'água perenes, qualquer que seja sua situação topográfica, no raio de mínimo de 50 metros	19,29
No topo de morros, montes, montanhas e serras	109,82
Total	835,63

Ao analisar a espacialização das faixas de APPs, nota-se que 5,14 % da área total da bacia do rio Apa, deveria ser destinada à preservação permanente. Desse total, os córregos perenes e intermitentes geram 2,70 % de APPs de 30 metros, trecho do rio Caracol, córrego do Boi, rio Piripucu, córrego Água Azul, córrego Santa Maria, córrego Taquaruçu e o córrego Itá, possuem APPs que ocupam 0,15 % do total da bacia.

Os rios Apa, Perdido, trecho do Caracol, Piripucu e o Estrela, formam uma área de 259,33 km² de APP, o que representa 1,68 % da área total da bacia.

Os topos de morros estão localizados nas escarpas da Serra de Xaraxaxá, Serra da Bodoquena e no Morro do Teima, ocupando 109,82 km² de área.

As áreas no entorno de lagos e lagoas naturais somadas (urbano e rural) ocupam 6,87 km². No meio urbano foram encontradas lagoas no município de Bela Vista.

As demais áreas são geradas pelas nascentes presentes no sistema hídrico do lado brasileiro, com área de 19,29 km², o que representa 0,12 % da área total da bacia.

Desse total de APPs, 508,43 km² encontra-se com a presença de cobertura vegetal, vegetação do tipo arbórea densa, características nas áreas de mata ciliar ou de galerias. Isso representa que, 60,84 % das APPs encontram-se preservadas. A Figura 26 mostra a cobertura vegetal presente nas APPs.

Os 35,36 % são área de conflito² com o tipo de uso e ocupação nas propriedades rurais da bacia. Assim, a Tabela 11 apresenta o cruzamento das faixas de APPs com o tipo de uso da terra e cobertura vegetal.

Tabela 11 – Tipos de Uso da Terra em conflito com as Áreas de Preservação Permanente na bacia do rio Apa

Classes de Uso da Terra (2012)	Área incidente na APPs (km²)
Áreas Úmidas	89,01
Pastagem	186,60
Áreas de Culturas	14,20
Solo Exposto	2,46
Reflorestamento	0,31
Área Urbana	2,91
Total	295,51

Na classe identificada como “Áreas Úmidas”, geralmente são utilizadas, no período de seca, como pasto. O mapeamento priorizou a resposta espectral da área, porém na realidade, essas classes mapeadas são destinadas a pecuária.

Através dessa tabulação cruzada de dados, fica evidente que as duas classes que representam a produção e ocupação na bacia, incidam nas APPs. Logo, a maior representatividade é a classe Pastagem, com 22,33 % e a classe Área de Cultura, representa 1,70 % de ocupação nas APPs. O uso e ocupação invadem 24,03 % do total destinado a APPs.

O Solo Exposto, esta relacionado com a presença de bancos de areia ou formação de ilhas ao longo do curso hídrico, principalmente no rio Apa, onde a presença dessa classe é predominante.

A Área Urbana apresentou 0,35 % de incidência nas APPs, isso se deve ao fato da expansão urbana nos municípios de Bela Vista, Antonio João e Caracol.

A Figura 27 apresenta a incidência do tipo de uso da terra nas APPs, no lado brasileiro da bacia do rio Apa.

² A diferença de 3,80 % foi excluída da análise, pois representa a classe temática “água” e “mata”, formada pelos rios e córregos com largura de 50 a 70 metros aproximadamente.

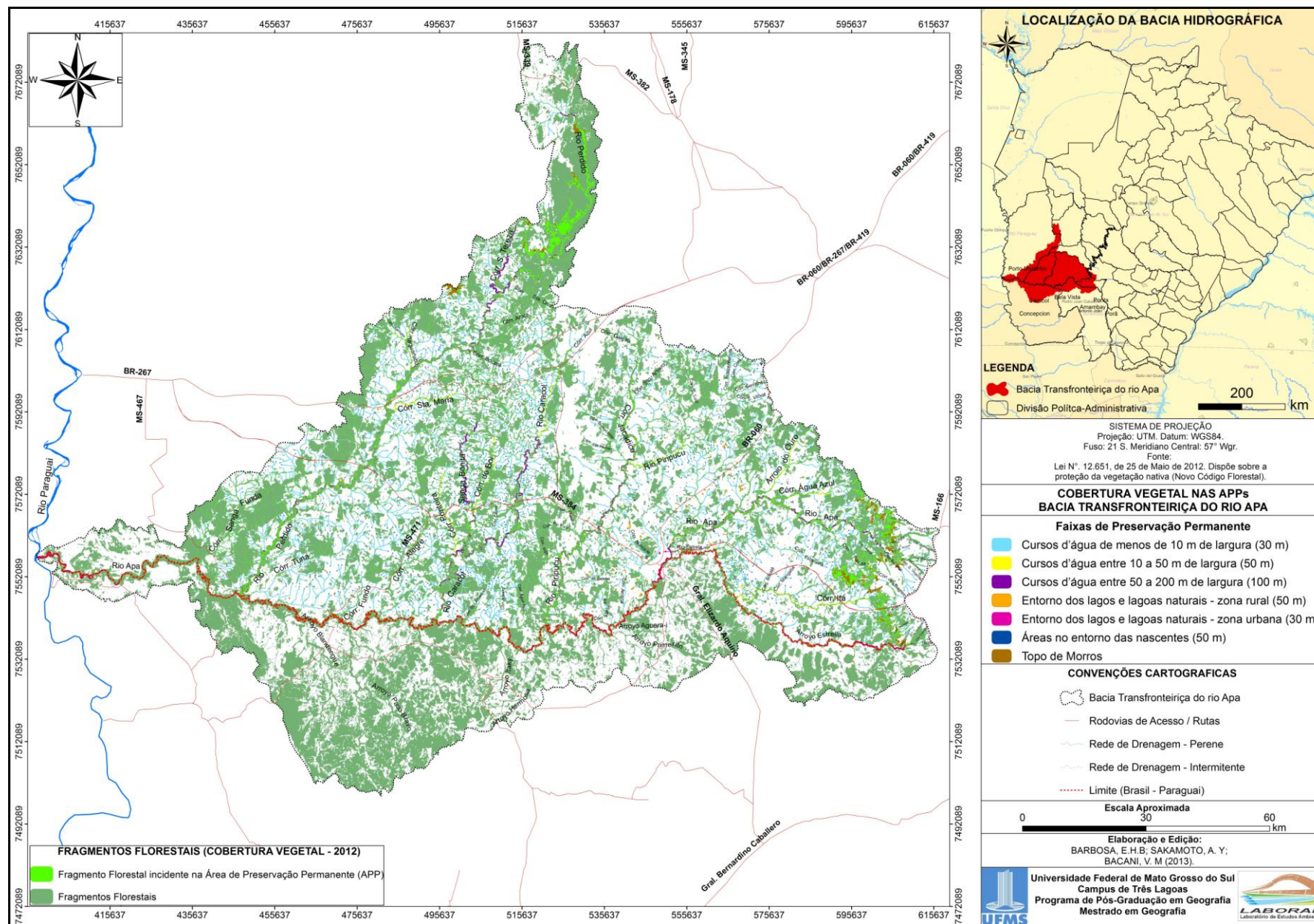


Figura 26. Mapa da cobertura vegetal presente nas APPs.

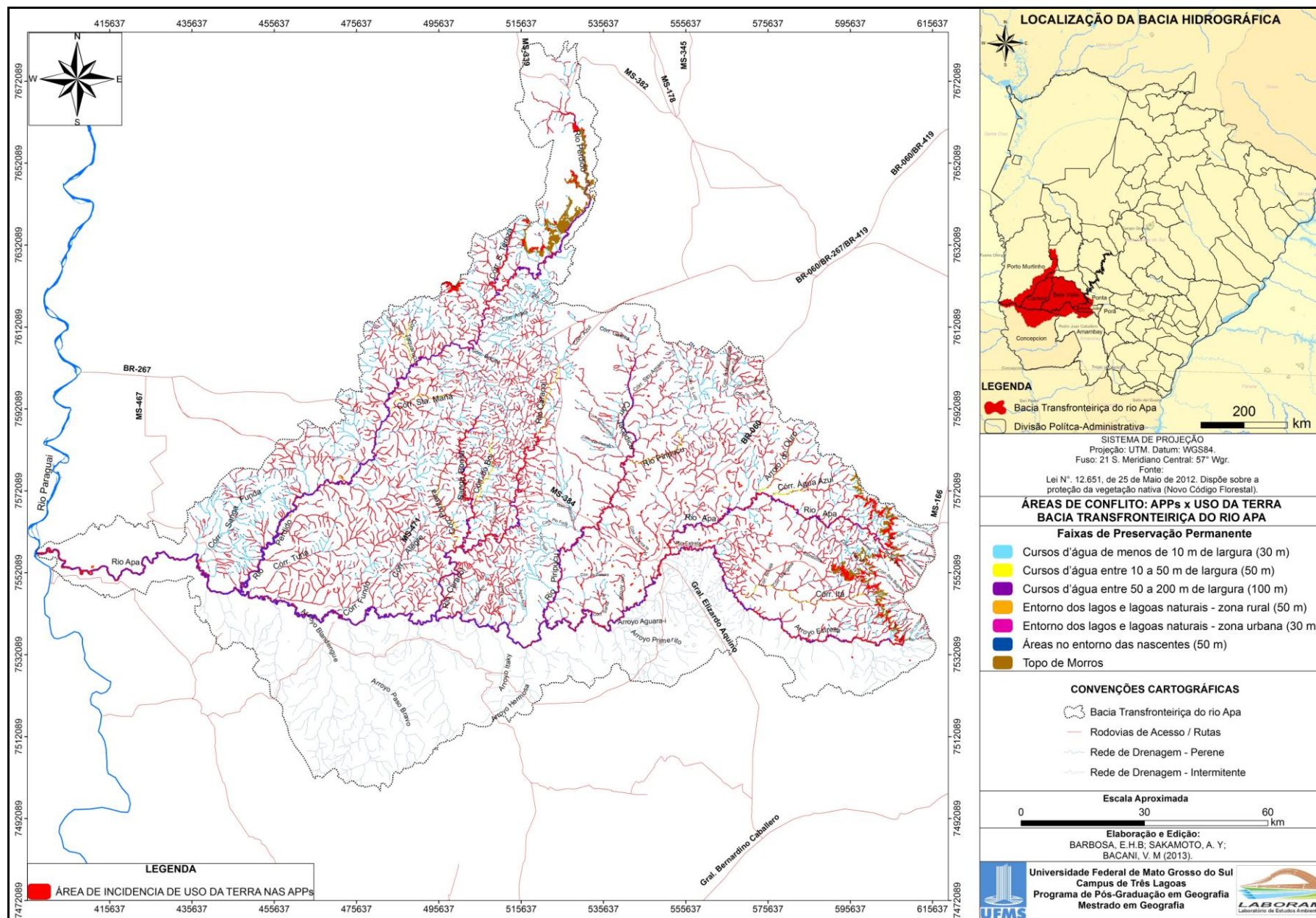


Figura 27. Mapa do Uso da Terra em conflito com as Áreas de Preservação Permanente na bacia do rio Apa

6.4 Análise da Fragilidade Ambiental

6.4.1 Potencial Natural à Erosão

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

A bacia do rio Apa está estruturada em um relevo predominantemente plano com variação de 0 a 6 % de declividade e com a presença de solos hidromórficos com textura variando de arenosa a argilosa. Devido a essas características, o fluxo de água em lençol e extensas áreas de alagamento, formando-se áreas de várzeas. O processo erosivo desenvolve-se principalmente de forma laminar, devido à baixa velocidade de escoamento superficial, podendo dar origem a ravinamentos.

As áreas de relevo plano (variação de 0 a 6%) e solos arenosos e ou argilosos apresentam um baixo potencial natural à erosão. Isso representa 39,74 % da área total da bacia do rio Apa, assim, em condições de manejo inadequado pode-se potencializar o processo erosivo (ravinamento).

Entretanto, o mapa de potencial natural à erosão ou fragilidade emergente é a síntese dos fenômenos naturais de erosão no interior da bacia transfronteiriça do rio Apa, conforme apresentado na Figura 28.

A distribuição por área das classes de Potencial Natural a Erosão dos solos é descrita na Tabela 12.

Tabela 12 – Distribuição das classes de Potencial Natural à Erosão

Classes	Área (km²)	Área (%)
Baixa	6.132,29	39,74
Média	7.254,12	47,00
Alta	2.046,32	13,26
Total	15.432,72	100,00

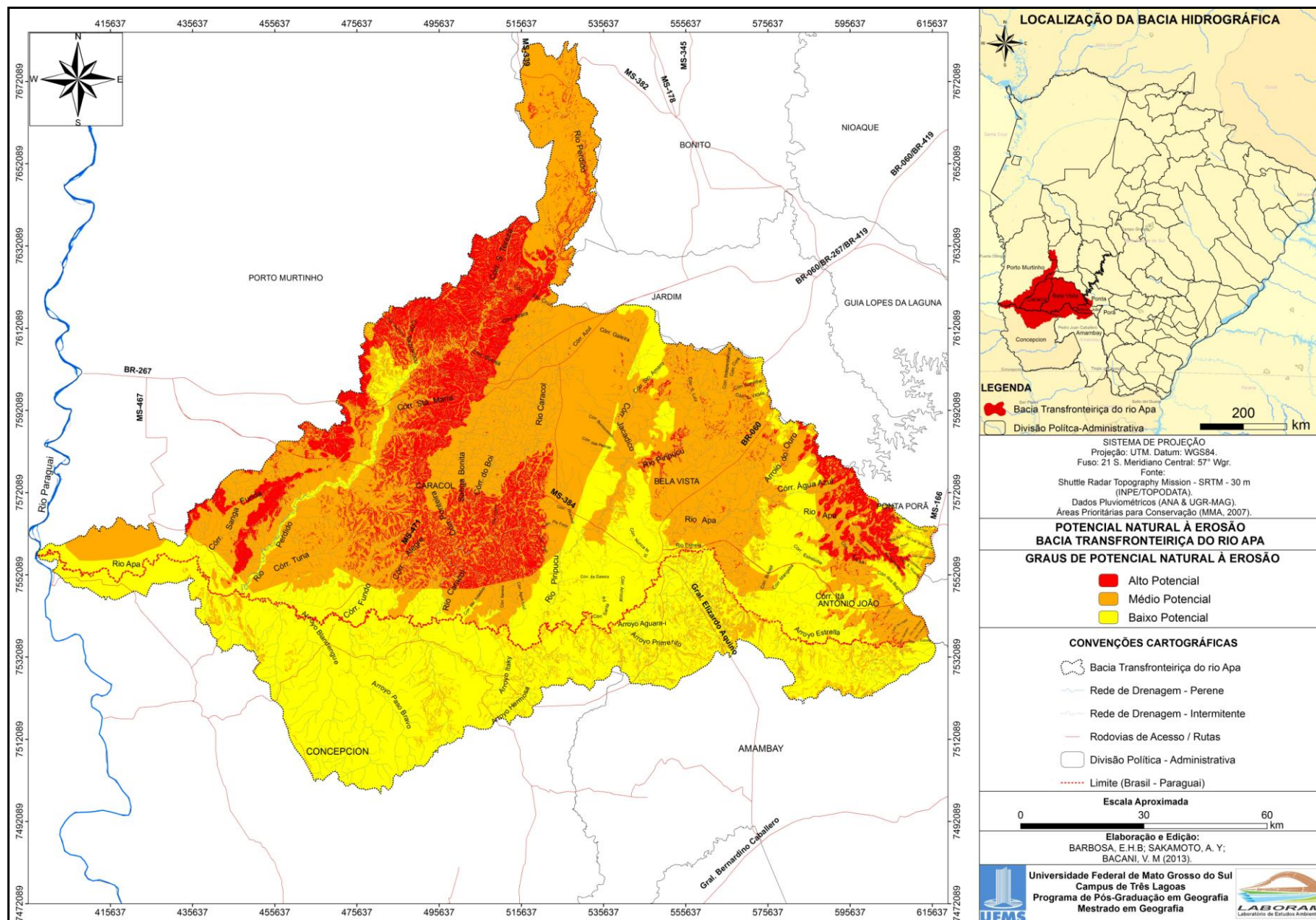


Figura 28. Mapa de Potencial Natural à Erosão da bacia transfronteiriça do rio Apa.

A classe Baixa encontra-se em 39,74 % da área de estudo associada a relevo suave com formas aplainadas que não ultrapassam inclinações de 20%, com variação altimétrica de 90 a 690 m, onde desenvolvem Latossolos de textura argilosa, Argissolo Vermelho-Amarelo com textura argilosa a arenosa e Vertissolo com textura argilosa. As chuvas são concentradas nessas áreas e variam de 1.376,8 a 1.578,7 mm anual. Os dados de importância biológica não foram atribuídos, uma vez que as informações não eram insuficientes conhecidas, o que diminuiu o grau de fragilidade.

Nota-se que 47,00 % da bacia analisada são consideradas como Média a fragilidade potencial a erosão, localizada na região central da bacia, limitando-se ao norte com a Serra da Bodoquena, ao sul com rio Apa, a leste com o rio Caracol e a oeste o limite da bacia, próximo ao rio Perdido.

Na área considerada como Média, os solos predominantes são: Argissolo Vermelho-Amarelo com textura argilosa a cascalhenta, Planossolo Nátrico com textura arenosa/média e média, Neossolo Regolítico com textura média muito cascalhenta e Chernossolo Rêndzico. São solos característicos de declividade que varia de 6 a 30 %. A pluviosidade nesta área varia de 1.246,5 a 1.578,7 mm anual. A importância biológica dessa área varia de Alta a Extremamente alta, devido à presença do Parque Nacional da Serra da Bodoquena.

A Alta fragilidade corresponde a 2.046,32 km², sendo a menor representação na bacia, com aproximadamente 13,26 %, apresentam inclinações maiores que 30% associadas à Neossolos Litólicos e Regolíticode com textura arenosa média/cascalhenta a muito cascalhenta, região de extrema importância biológica.

Assim, a bacia do rio Apa apresenta 60,26 % de potencial natural à erosão que varia de alto a muito alto, justamente em áreas sustentadas por relevo dissecado e solos com características arenosas e cascalhentas.

6.4.2 Fragilidade Ambiental

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

Após a observação das características do relevo frente aos processos erosivos, ocasionado pelas chuvas, características pedológicas e importâncias biológicas dos setores susceptíveis a erosão na bacia do rio Apa, a análise busca a síntese dos processos erosivos relacionado com o uso e produção realizado no território da bacia do rio Apa.

A combinação do mapa de potencial natural à erosão dos solos com o mapa de análise de uso da terra e cobertura vegetal do ano de 2012 resultou em um mapa de síntese, denominado fragilidade ambiental, conforme apresentado na Figura 29.

A Tabela 13 apresenta a quantificação da distribuição das classes de fragilidade ambiental encontrada na bacia transfronteiriça do rio Apa.

Tabela 13 – Distribuição das áreas de Fragilidade Natural

Classes	Área (km²)	Área (%)
Baixa	2.584,51	16,75
Média	7.293,46	47,26
Alta	5.469,74	35,44
Muito Alta	85,01	0,55
Total	15.432,72	100,00

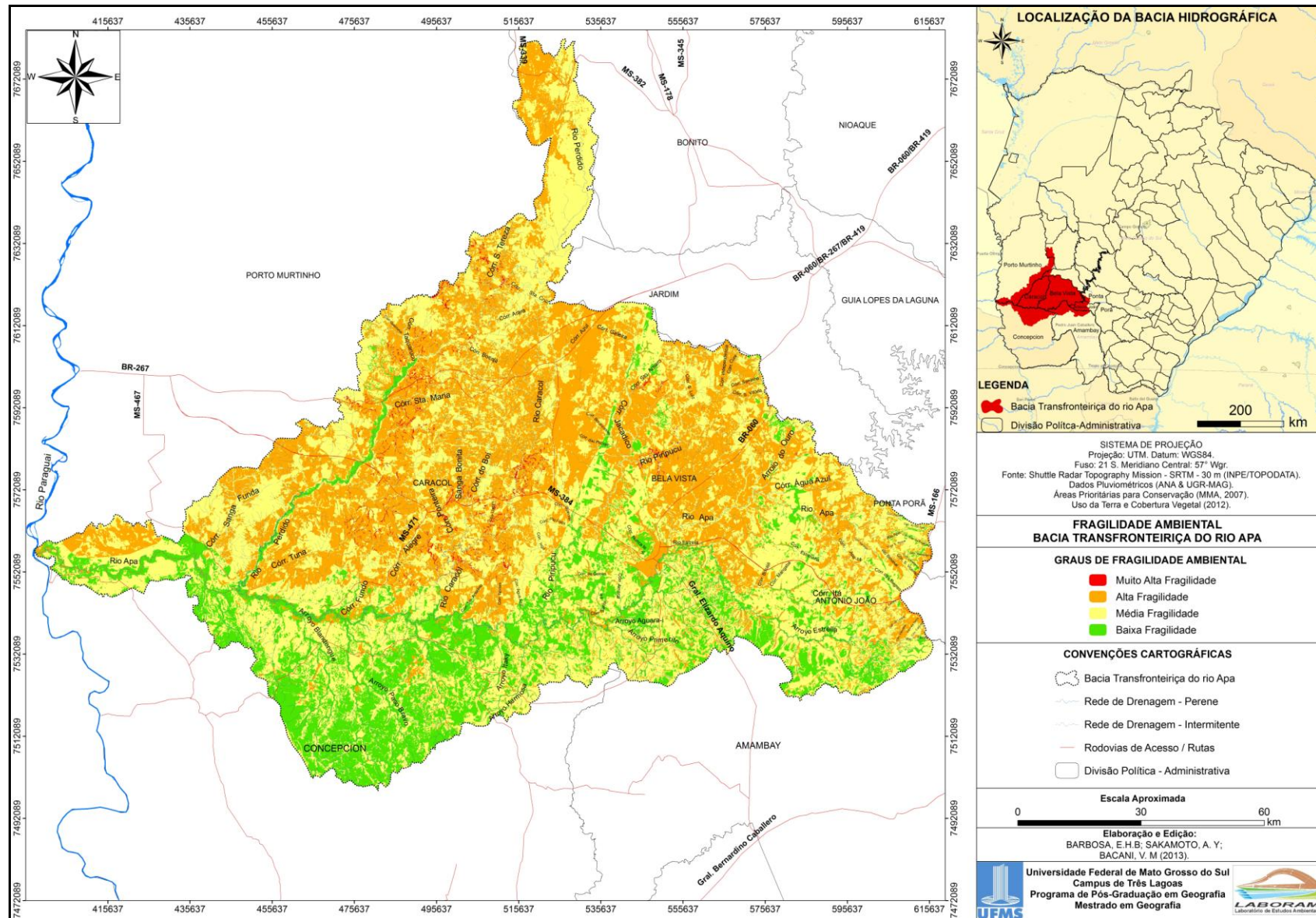


Figura 29. Mapa de Fragilidade Ambiental da bacia transfronteiriça do rio Apa.

A Baixa fragilidade ambiental está situada em 145,64 km de extensão do médio curso do rio Perdido até a foz com o rio Apa, as margens do rio Apa até a confluência com o rio Pirarucu e no lado paraguaio da bacia ocupa 46,19 % da área total. Este resultado é relacionado à baixa fragilidade potencial e a presença da vegetação natural que tem o papel de proteger o solo, localizado nas matas ciliares.

A Média fragilidade ambiental é predominante na bacia transfronteiriça do rio, ocupando uma área de 7.293,46 km², o que representa 47,26 % do total da área da bacia. Esta classe está espacializada na área destinadas a pastagem e nas áreas definidas como áreas úmidas.

A Alta fragilidade ambiental apresenta a segunda maior distribuição espacial com 5.469,74 km² (35,44 % da área da bacia), e está relacionada diretamente com ação antrópica causada pelo desmatamento da vegetação natural para introdução de pastagem para atividade da agropecuária e agricultura uma vez que grande parte desta área está em uma região classificada como extremamente Alta pelo mapa da importância biológica.

Ao tratar-se do uso, ocupação e produção na bacia, observa-se que nas Unidades de Conservação predominam Altas Fragilidades, devido à falta de manejo adequado nas áreas de pastagem, ocasionando processos erosivos e contribuindo com o assoreamento dos mananciais da bacia. Nessas áreas com a predominância de solos com textura arenosa, devem-se adotar técnicas conservacionistas para minimizar os problemas de erosão hídrica. Assim, sugere-se o método de integração Lavoura-Pecuária, esta integração resulta em adição de matéria orgânica no solo, melhoria da estrutura, aumento da infiltração da água, aumento da capacidade de produção do solo e diminuição da velocidade de escoamento das enxurradas.

As áreas consideradas Muita Alta corresponde a uma área de 85,01 km². É caracterizada pela relação entre as classes água, áreas úmidas, área urbana e solo exposto com a muito alta fragilidade potencial a erosão uma vez que estes fatores estão associados a altas declividades, correspondentes acima de 30%, passíveis a processos erosivos comprometendo os recursos hídricos e edáficos.

6.5 Proposta de Zoneamento Ambiental

Após a determinação das áreas de fragilidade ambiental é necessária à implantação de condicionantes ambientais com fins conservacionistas para minimizar os impactos negativos causados pela ação antrópica.

As atividades econômicas desenvolvidas na bacia transfronteiriça do rio Apa são a pecuária extensiva e a agricultura. Há alguns assentamentos da reforma agrária (pequena propriedade) que destina pequenas áreas ao plantio agrícola.

Os principais problemas detectados na bacia hidrográfica analisada são oriundos do modo de produção, dentre eles destacam-se: erosão, poluição e contaminação hídrica.

A erosão está associada à falta de manejo adequado, nas áreas de atividades agropecuárias e em alguns trechos as margens das vias que dão acesso ao interior da bacia.

A bacia possui quatro áreas urbanizadas logo, a poluição e contaminação hídrica são ocasionadas pela falta de saneamento básico e a ocupação desordenada as margens dos cursos hídricos.

Assim sendo, é apresentado o Prognóstico Ambiental que define as zonas ambientais e define as recomendações para a Proposta de Zoneamento Ambiental da bacia transfronteiriça do rio Apa, descrita no Quadro 3.

Este estudo preliminar está baseado nos preceitos jurídicos (Código Florestal Brasileiro e na *Ley nº. 422/73 Floresta*), na espacialização das classes de fragilidade ambiental e nas informações de uso da terra e cobertura vegetal no ano de 2012, as quais foram possibilitam o estabelecimento de diferentes graus de restrição à utilização da terra.

Quadro 3 – Prognóstico Ambiental

Zona	Categoria	Crítérios	Recomendações
Zona de Restrição Legal – ZRL	APPs	Legislação Ambiental	• Isolamento da área de APP, impedindo o acesso de animais e outras atividades de produção e/ou ocupação;
	Parque Natural Municipal Parque Nacional	Unidades de Conservação de Proteção Integral	• Plantio de vegetação típica de espécies arbóreas nativas do cerrado ao redor dos cursos hídricos; • Manter os remanescentes florestais, salvo os casos previstos em lei específica.
	<i>Áreas silvestres protegidas</i>	<i>Ley nº. 422/73 Florestal</i>	• <i>Atender o Art. 42 de La Ley nº. 422/73 Florestal.</i>
	Remanescentes Florestais	Fragmentos Florestais	• Supressão vegetal permitida nos casos previstos em lei específica e mediante a averbação da respectiva reserva legal na propriedade.
Zona de Ocupação Restrita - ZOR	Topo de Morros	Legislação Ambiental.	• Isolamento da área, impedindo o acesso de animais e outras atividades de produção e/ou ocupação.
Zona Urbanizada – ZU	Área Urbanizada	Área construída homogênea.	• Determinar a área de alagamento (planície de inundação), proibindo a ocupação nesta área e desenvolver projetos de educação ambiental com os moradores. • Elaborar Planos Diretores e/ou revisar o existente (município de Bela Vista – MS).
Zona de Incongruência – ZI	Conflito entre o uso da terra e legislação ambiental	Combinação de APPs com áreas antropizadas	• Recuperação de mata ciliar, observando a Lei nº. 12.651 de 25 de Maio de 2012.
Zona de Unidades de Conservação - ZUC	Área de Proteção Ambiental – APA	Decreto Municipal	Atender o disposto nos respectivos Plano de Manejos (aprovados pelo poder público).

	Reserva Natural do Patrimônio Particular Natural – RPPN	Portaria	
Zona Produtiva Rural – ZPR	Alta Restrição	• Declividade entre 20 a 30 %. • Argissolo Vermelho-Amarelos. • Áreas de pastagem.	• Determinação de curvas de nível e terraceamento. • Uso indicado: pecuária com altas limitações e reflorestamento.
	Média Restrição	• Declividade entre 6 a 20 %. • Argissolo Vermelho-Amarelos. • Áreas de pastagem	• Incentivo a agricultura familiar. Uso agropecuário com criação intensiva. • Manter os fragmentos florestais.
Zona de Assentamento Rural – ZAR	Assentamento da Reforma Agrária.	Agricultura Familiar	• Incentivo a agricultura familiar; • Poder Público oferecer Extensão Rural, através dos órgãos competentes; • Uso agropecuário com criação intensiva; • Manter os fragmentos florestais. • Recuperar a mata ciliar, observando o disposto na Lei nº. 12.651 de 25 de Maio de 2012.
Zona de Terras Indígenas – ZTI	Terras Indígenas	Registro SPU. Decreto de Homologação publicado.	• Incentivo a agricultura familiar; • Poder Público oferecer Extensão Rural, através dos órgãos competentes; • Uso agropecuário com criação intensiva; • Manter os fragmentos florestais. • Recuperar a mata ciliar, observando o disposto na Lei nº. 12.651 de 25 de Maio de 2012.

Além das diretrizes apresentadas no Prognóstico Ambiental, serão consideradas as prioridades, determinadas nas Áreas Prioritárias para a Conservação, Utilização Sustentável e Repartição de Benefícios da Biodiversidade Brasileira (Portaria nº 9 de 23 de janeiro de 2007 tendo em vista o disposto nos decretos nº 2.519 de 16 de março de 1998 e 5.092, de 21 de maio de 2004). Assim definem-se as seguintes áreas:

- a) Criação do Corredor Serra do Maracaju: recuperação das nascentes e formular a Criação de Unidade de Conservação de Proteção Integral e de Uso Sustentável, pois existe um forte processo de assoreamento dos rios; carvoarias; agropecuária; plantações de cana-de-açúcar; manejo inadequado de APPs;
- b) Planalto da Bodoquena: Incentivo à criação de RPPNs, pois a área é divisor de águas da Serra da Bodoquena; área de recarga dos aquíferos locais; área de borda com a região do Pantanal.
- c) Foz do Apa: Recuperação das Matas Ciliares do Rio Apa. Devido à presença de manchas de Chaco seco (espinheiro), Região de concentração de Carandás e Paratudo e por ser um complexo de paisagem de influência de Chaco, Cerrado e Florestas secas Semidecíduas (estacionais), faz-se necessária a criação de UC, do tipo Parque Natural.

A recuperação da mata ciliar nas APPs e Topos de Morros deverão ser submetidos ao processo de Enriquecimento Florestal, conforme a metodologia proposta por Durigan et. al. (2011).

A escolha das espécies deverá ser baseada no trabalho elaborado por Pott e Pott (2003). A escolha priorizará as espécies nativas que preferencialmente esteja presente em locais com as mesmas características da área a ser recuperada.

A síntese do prognóstico ambiental é o zoneamento ambiental preliminar, A Figura 30 corresponde ao mapa da proposta de zoneamento ambiental para a bacia transfronteiriça do rio Apa.

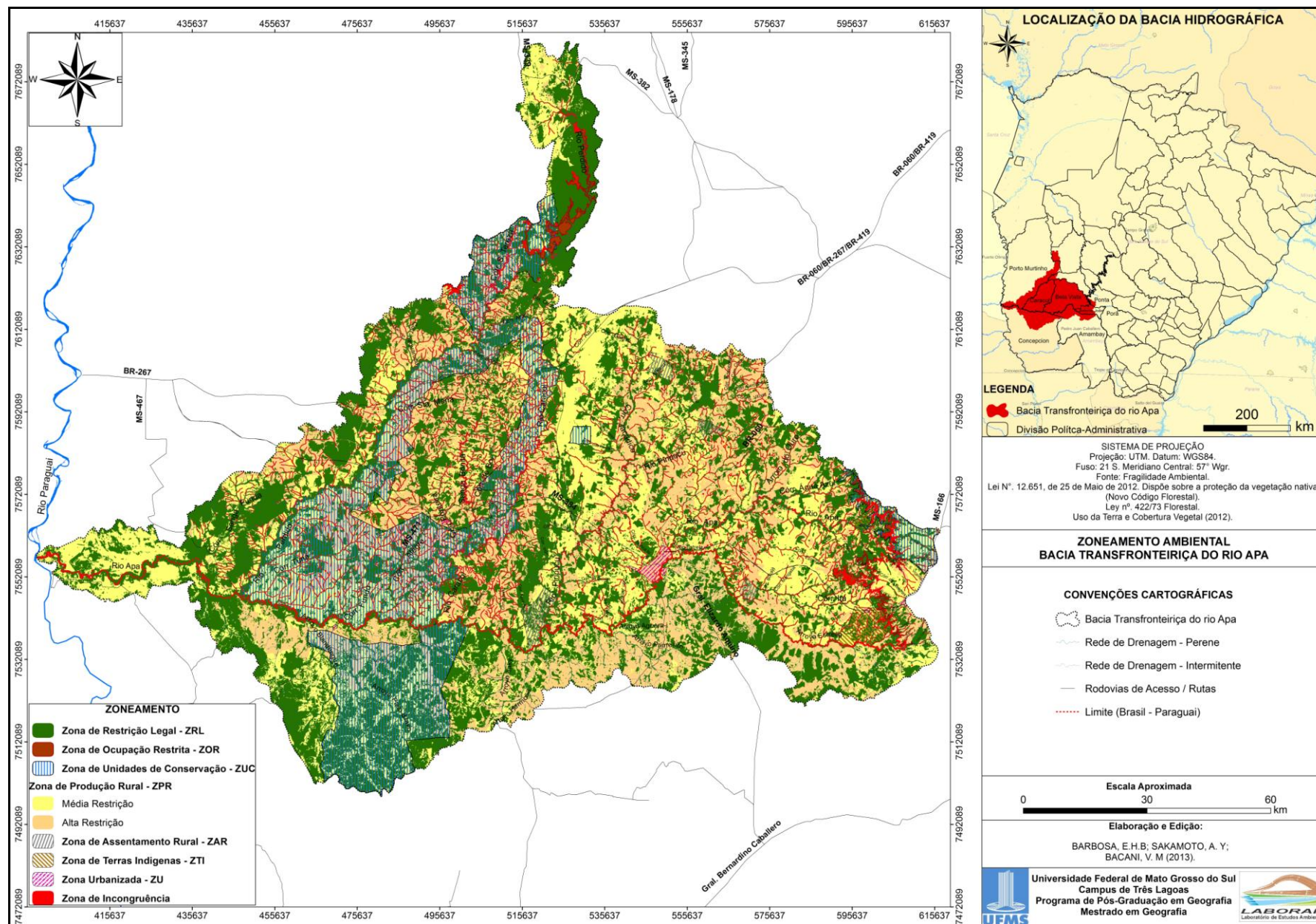


Figura 30. Mapa do Zoneamento Ambiental da bacia transfronteiriça do rio Apa.

As áreas indicadas para recuperação, restrição à ocupação e preservação deverão ser isoladas com a implantação de cerca de arame liso, com mourão de eucalipto tratado ou concreto. O objetivo do cercamento é impedir o acesso de animais nas APPs.

O preparo das áreas deverá respeitar as fragilidades e potencialidades da paisagem, sem interferir na geodinâmica do local a ser recuperado. As áreas podem apresentar, em grande maioria, modificação de ordem antrópica, como por exemplo, pastagens, agricultura e áreas de solos expostos ou compactados. As práticas de preparo do solo podem variar de acordo com a realidade de cada área a ser recuperada.

O objetivo é deixar o solo propício para o crescimento das mudas eliminando todo resto cultural através de cata de raízes, entre outras práticas que promovam a limpeza do solo.

A seguir são descritas as práticas de preparo do solo:

- Roçada manual seletiva objetivando o controle de plantas daninhas ou invasoras, principalmente gramíneas presentes no terreno por serem agressivas e ainda servirem de foco de disseminação de pragas e doenças.
- Locação das linhas de plantio em nível, utilizando aparelhos aptos para nivelamento, conforme espaçamento estabelecido.
- Marcação das covas com enxada, ripas, cordas ou piquetes.
- Coveamento;
- Coroamento.
- Adubação orgânica.
- Preservação do embaciamento.
- Roçagens entre linhas de plantio.
- Aplicação de cobertura morta.

Deverão ser mantidas as espécies vegetais nativas que se encontram em estado de regeneração nos locais de plantio, assim como os pés de frutíferas encontradas procurando intercalar covas nos espaços que restam.

Deve-se observar o tipo de solo encontrado, seja seco, encharcado ou pedregoso, para determinar melhores espécies que devem ser plantadas. O solo é o principal fator que determina as espécies que ocuparão o local, considerando-se a fertilidade, profundidade e umidade.

O espaçamento para o plantio das mudas deverá ser de 3 x 3 metros, três metros entre linhas e três metros entre plantas, visando o crescimento individual das plantas. As linhas deverão acompanhar as curvas de nível para minimizar o risco de erosão hídrica.

O plantio deverá ser efetuado, obrigatoriamente no período chuvoso (novembro a abril) em dias chuvosos ou após chuvas, em volume suficiente para proporcionar teores de umidade do solo favoráveis à adaptação das mudas no campo.

Para evitar a entrada de fogo nas áreas a serem recuperadas, devem ser construídos aceiros através de capina nos dois lados das cercas, com largura mínima de 5 metros. Essa medida de proteção deverá ser adotada nas APPs e demais áreas sujeitas à preservação ou em regeneração ambiental.

A supressão vegetal das áreas indicadas como “Fragmentos Florestais” deverão possuir averbação de Reserva Legal na propriedade rural e o previsto na Resolução Estadual SEMAC/MS Nº 18 DE 05 de Agosto de 2008.

Ao analisar as questões urbanas, somente o município de Bela Vista possui Plano Diretor (Lei Municipal Complementar nº 019/2006, de 10 de outubro de 2006). O Plano de Bela Vista até o presente momento não consta publicada a revisão. Os outros municípios deverão elaborar seus respectivos Planos, a fim de dimensionar a expansão urbana dos respectivos municípios.

Assim sendo, o PAP permitiu a elaboração do ZAP para a bacia transfronteiriça do Apa, elencando os aspectos de uso e ocupação e legislativo. Observa-se que a gestão da bacia deverá ser compartilhada com os dois países, garantindo a eficiência do sistema de planejamento e gestão ambiental.

Este trabalho poderá subsidiar formalização de um mecanismo para a cooperação, articulação e coordenação entre o Brasil e Paraguai para a gestão integrada da bacia hidrográfica do rio Apa, sob a égide das competências institucionais nacionais, bilaterais, tratados e acordos existentes na Bacia do Prata. Além de gerar um Plano de Trabalho para a promoção da gestão integrada e articulada da bacia hidrográfica do rio Apa, mediante a ação coordenada dos organismos responsáveis pela gestão ambiental e de recursos hídricos no Brasil e no Paraguai, contando com a ativa participação dos organismos regionais e locais e da sociedade civil, compreendendo ações de curto, médio e longos prazos.

7 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O levantamento dos aspectos físicos aliado com os dados de sensoriamento remoto e técnicas de geoprocessamento colaboraram na obtenção e tabulação de todos os elementos físicos analisados, e foram capazes de gerar resultados qualitativos e quantitativos expressos em mapas temáticos, tabelas e quadros. Com isso, gerou-se um banco com dados primários e secundários, que facilitou a tomada de decisão ao analisar diversas fontes de dados.

A base planialtimétrica obtida através de imagem de RADAR SRTM 30 m possibilitou a classificação dos aspectos do relevo da bacia do rio Apa, sendo importante também na comparação com o uso e ocupação da área da bacia. Além disso, o uso deste produto orbital possibilitou a delimitação correta, em escala apropriada de análise e divisão da bacia do rio Apa de acordo com as classes altimétricas.

A elaboração de mapas temáticos possibilitou a obtenção de resultados que contribuirão para o estabelecimento de um diagnóstico ambiental e prognóstico físico-conservacionista. Esses produtos temáticos aliados com dados espaciais, trabalhos de campo e referenciais teóricos, dentre eles, o geossistema, possibilitaram a determinação do presente diagnóstico físico-conservacionista, que culminou com o Zoneamento Ambiental Preliminar da bacia do rio Apa.

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

A avaliação temporal do uso da terra e cobertura vegetal permitiu a constatação de um acelerado processo de substituição da vegetação natural por áreas de pastagem. Além disso, observaram-se a expansão das áreas de cultivo e a tendência de aumento do sentido centro a leste da área da bacia. Este fato está relacionado à proximidade da área da bacia com os grandes produtores de grãos do Estado de Mato Grosso do Sul.

Para conter as ações de ocupação antrópica, as questões de cunho jurídico deverão ser implantadas, em ambos os lados da bacia hidrográfica. Com isso, o poder público deve priorizar as questões ambientais e principalmente atender os

preceitos legislativos, executando ações coercitivas para garantir o equilíbrio e manutenção do meio ambiente natural.

A sugestão para a determinação de políticas pública de conservação inicia-se pela formulação e consolidação de um comitê de bacia hidrográfica transfronteiriças ou comissões bilaterais mistas. Existe um avanço nesse sentido que a Moção nº. 14, publicada no Diário Oficial da União em 10 de Março de 2003, aprova que o Ministério das Relações Exteriores inicie entendimentos com o governo paraguaio no sentido de desenvolver uma agenda de trabalho, para promover a gestão compartilhada da Bacia do Rio Apa. Assim, deve-se efetivar a proposta e iniciar os trabalhos que visem à gestão compartilhada.

Ao se tratar de recursos transfronteiriços, nota-se que as leis ou normativas são diferentes, no caso da bacia transfronteiriça do rio Apa, fica evidente a disparidade do Código Florestal Brasileiro (Lei nº. 12.651, de 25 de maio de 2012) com o Código Florestal Paraguaio (*Ley nº. 422/73*). Propõe-se, a unificação ou reformação de uma legislação específica para a bacia do rio Apa, seria o início da gestão compartilhada, pois qualquer ação de planejamento e gestão deve ter um balizamento legislativo.

Caso concretize-se esta ação entre dois governos ocorrerá um marco histórico no planejamento e na gestão de bacias hidrográficas transfronteiriças.

Outro fator que evidencia uma gestão compartilhada na bacia do rio Apa é a formação das Unidades de Conservação, que possibilitam futuramente, a formação de corredor ecológico integrando a conservação nos dois países.

A metodologia utilizada para o presente diagnóstico físico-conservacionista, pautada na combinação de elementos do meio físico tais como, solo, relevo, uso da terra e cobertura vegetal, legislação ambiental, potencial a erosão, por meio de técnicas de geoprocessamento, resultou em um modelo de extrema importância para o ordenamento físico-territorial da bacia do rio Apa.

Portanto, considera-se este trabalho como um Zoneamento Ambiental Preliminar para a bacia transfronteiriça do rio Apa. Assim sendo, o diagnóstico ambiental ou físico-conservacionista culmina com o zoneamento e o levantamento de diretrizes para a ocupação racional das terras e a recuperação da degradação ambiental.

8 REFERÊNCIAS

ARCGIS/ARCINFO – Esri Inc. **ArcGis Version 10**. *Environmental Systems Research Institute Inc. New York*. 2012. 1 Cd Rom.

AB'SABER, A. **Os Domínios de natureza do Brasil: potencialidades paisagísticas**. 3ª edição. São Paulo: Ateliê Editorial, 2003.

ALMEIDA, A. Q de; SOUZA, C. A. M de; TULLI, L. M. A. **Uso de técnicas de sensoriamento remoto na análise multitemporal do desmatamento ocorrido na microbacia do córrego do Galo, Domingos Martins, ES**. Revista Científica Eletrônica de Engenharia Florestal. Ano VIII. nº. 14. Agosto de 2009. Disponível em: <<http://www.faeef.br>>

BACANI, V. M. **Geotecnologias aplicadas ao ordenamento físico-territorial da bacia do alto rio Coxim, MS**. 2010. 222 f. Tese (Doutorado) – Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2010.

BARBOSA, E. F da F. de M.; GUIMARÃES, V. **Relações entre o potencial ambiental físico e as restrições de uso da bacia do córrego Pontinha do Coxo – Camapuã-MS**. In: MORETTI, E. C; CALIXTO, M. J. M. S. (Org.). Geografia e produção regional: sociedade e ambiente. Campo Grande, MS. Ed. UFMS, 2003.

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

BRASIL. Ministério das Minas e Energia. Secretaria-Geral. Projeto **RADAMBRASIL**. Folha SF. 21-Campo Grande; Geologia, Geomorfologia, Pedologia, Vegetação e Uso Potencial da Terra. Rio de Janeiro, 1982. 416 p.

BRASIL. **Áreas Prioritárias para Conservação, Uso Sustentável e Repartição de Benefícios da Biodiversidade Brasileira**: Atualização - Portaria MMA nº9, de 23 de janeiro de 2007. / Ministério do Meio Ambiente, Secretaria de Biodiversidade e Florestas. – Brasília: MMA, 2007.

BRASIL. Lei nº 12.651, de 25 de maio de 2012. Dispõe sobre a proteção da vegetação nativa. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 28 mai. 2012.

BRASIL. **Plano de conservação da bacia do alto Paraguai: análise integrada e prognóstico da Bacia do Alto Paraguai**. Brasília: PNMA, 1997. 369p.

BROCH, S. A. O. **Gestão Transfronteiriça de Águas: O caso da Bacia do Apa**. Brasília, 2008. 247 p. Tese (Doutorado).

CÂMARA, G; MONTEIRO. V. M. A. **Conceitos Básicos em Ciência da Geoinformação**. 1 ed. São José dos Campos. INPE. 2001.

CIDEMA. 2003. “Avaliação dos Recursos Hídricos da bacia transfronteiriça do rio Apa – Mato Grosso do Sul”. Relatório final. CIDEMA/SRH/MMA. Campo Grande-MS.

CHRISTOFOLETTI, A. **Modelagem de Sistemas Ambientais**. 1 ed. Edgard Blücher. São Paulo, 1999.

COELHO NETO, A. L. Hidrologia de encosta na interface com a Geomorfologia. In: GUERRA, A. J. T; CUNHA, S. B. **Geomorfologia: uma atualização de bases e conceitos**. Editora Bertrand Brasil. Rio de Janeiro, 1994, 458 p.

CORRÊA, A. C. de B. **Padrões Evolutivos dos Geossistemas Integrantes das Superfícies de Cimeira do Planalto da Borborema, Nordeste do Brasil**. In: MENDONÇA, F. de A; LOWEN-SHR, C. L; SILVA, M da (Org.). Espaço e Tempo: complexidade e desafios do pensar e do fazer geográfico. Curitiba: Associação de Defesa do Meio Ambiente e Desenvolvimento de Antonia (ADEMADAN), 2009.

CREPANI, E.; MEDEIROS, J. S. de; HERNANDEZ FILHO, P.; FLORENZANO, T. G.; DUARTE, V.; BARBOSA, C. C. F. **Sensoriamento remoto e geoprocessamento aplicados ao Zoneamento Ecológico-Econômico e ao ordenamento territorial**. (INPE-8454-RPQ/722). Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos. 2001.

BERTRAND, G. **Paisagem e Geografia física global: esboço metodológico**. Caderno de Ciências da Terra. São Paulo. v.13. p. 1-27, 1972.

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

DEAMO, J. C. M.; VALLE JUNIOR, R. F. do; OLIVEIRA, S. B. de; CAMILO, M. J. **Diagnóstico Físico-Conservacionista da Microbacia do Córrego Boa Vista, Uberlândia-Mg**. Uberaba, 2008. Disponível em:http://www.cefetuberaba.edu.br/paginas_html/revista/pdf/Resumo_12.pdf. Acesso em: 19/10/2009.

DIRETORIA DO SERVIÇO GEOGRÁFICO DO EXÉRCITO (DSG) – Folha SF 21-Z-A-III. **Antonio João**. Escala 1:100.000. Terceira impressão, 1999.

DURIGAN, Giselda et. al. **Manual para recuperação da vegetação de cerrado**. 3. ed. rev. e atual. São Paulo: SMA, 2011.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. 3 ed. Rio de Janeiro, 2011.

ESSELIN, P. M; OLIVEIRA, T. C. M. Índio, Gado e Blindagem na Construção da Fronteira no Sul de Mato Grosso. Boletim Gaúcho de Geografia. Nº. 32. p. 37-56. Porto Alegre – RS: 2007.

ESSELIN, P. M; OLIVEIRA, T. C. M. Terra onde o gado criou o homem e definiu o latifúndio. História: Debates e Tendências. Vol. 7. Nº. 2. Passo Fundo: 2008.

FADEMS. **Plano de Trabalho - Realização de Planos de Manejo das Unidades de Conservação (APAs e Parques Municipais) da Bacia do Rio Apa e Desenho**

do Corretor Ecológico para toda Bacia. Fundação de Apoio ao Desenvolvimento da Educação de Mato Grosso do Sul – UFMS. Ponta Porã, 2012.

FERREIRA, C. C. **Geotecnologias Aplicadas a Criação e Organização de Banco de Dados Geoambientais da Bacia Hidrográfica do Rio Sucuriú - MS/BR.** 2011. 193 f. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, Três Lagoas, 2011.

GONZÁLEZ, I. B; FREIRE, C. F; MORENTE, L. M. F; ASENSIO, E. P. **Los Sistemas de Información Geográfica y la Investigación en Ciencias Humanas y Sociales.** CECEL-CSIC. Madrid, 2012.

GOROSTIAGA, O. L, GONZALEZ, E., DE LLAMAS, P., MOLINAS, A., FRANCO, E., GARCIA, S., Y RIOS, E. **Estudio de Reconocimiento de suelos, capacidad de uso de la tierra y propuesta de ordenamiento territorial preliminar de la Región Oriental del Paraguay. Proyecto de Racionalización del uso de la tierra.** SSERNMA/MAG/Banco Mundial. Asunción, Paraguay, 1995.

IBGE. **Manual Técnico de Uso da Terra.** Rio de Janeiro: IBGE, 2006. 91 p. (Manuais técnicos em Geociências, n. 7).

LANDIM, P. M. B. **Introdução aos métodos de estimação espacial para confecção de mapas.** DGA, IGCE, UNESP/Rio Claro, Lab. Geomatemática, Texto Didático 02, 20 pp. 2000. Disponível em: <<http://www.rc.unesp.br/igce/aplicada/textodi.html>>

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

LANG, S; BLASCHE, T. **Análise da Paisagem com SIG.** Tradução: Hermann Kux. São Paulo: Oficina de Textos, 2009.

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

LOMBARDO, M. A. **O clima e a cidade.** Boletim Climatológico. Presidente Prudente: ed.UNESP.ano1, n.2,1996.

LÓPEZ, J. F. Aguas internacionales. **Manual de ciudadanía global.** México, DF: PNUMA (Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente), 2004.

MARTINELLI, M. **Mapas de Geografia e Cartografia Temática.** São Paulo: Contexto, 2003. 112p.

MATO GROSSO DO SUL. **Macrozoneamento Geoambiental do Estado do Mato Grosso do Sul.** Campo Grande, 1985.

MENDONÇA, F. **Diagnóstico e análise ambiental de microbacia hidrográfica – Proposição metodológica na perspectiva do zoneamento, planejamento e**

gestão ambiental. RA'EGA – O espaço geográfico em análise. Paraná, Nº. 3. Ano III, 1999.

MOLINAS, A. S. M. **Importancia, Potencialidades y Desafios del Sector Agro-Rural Paraguay.** Asunción, 2009. Disponível em: <<http://www.mag.gov.py/varias/SECTOR%20AGRORUAL%20PYO%202009%20Alfredo%20Molinas.pdf>>

MOREIRA, M. A. **Fundamentos do sensoriamento remoto e metodologias de aplicação.** 2. ed. Viçosa: UFV, 2005. 307 p.

MOREIRA, C. V. R.; NETO A. G. P. **Clima e Relevo.** IN: OLIVEIRA, A. M.; BRITO, S. N. Geologia de Engenharia, Associação Brasileira de Geologia de Engenharia. 1º ed. São Paulo, 1998, p.69-85.

NEVES, L. P. **Adoção do Partido na Arquitetura.** Salvador: ed.UFBA, 1989.

OLIVEIRA, M. C. de. **Construção de uma carta para determinação de orientação de vertentes.** Revista do Instituto Geológico. São Paulo. jan/dez. 1984. 47-50p.

PARAGUAY. **Ley nº. 422 Florestal.** Assuncion: 1973. Disponível em: <http://www.seam.gov.py/legislaciones-ambientales.html>. Acesso em: 18 de Fevereiro de 2013.

PARAGUAY. **Mapa Geológico del Paraguay.** Assuncion: 1986.

PARAGUAY. **Ley nº. 3.239 de los Recursos Hidricos Del Paraguay.** Assuncion: 2007. Disponível em: <http://www.seam.gov.py/legislaciones-ambientales.html>. Acesso em: 18 de Fevereiro de 2013.

PARAGUAY. *Unidad de Gestión de Riesgos (UGR), Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG).* **BOLETIN “Unidad de Gestión de Riesgos”.** Asunción, 2007

PEREIRA, N. R. et al. **Levantamento de reconhecimento de baixa intensidade dos solos do município de Bonito, estado do Mato Grosso do Sul.** Dados eletrônicos. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2007.

PEREIRA, M. C. B; BROCH, S. O; MEDEIROS, Y. **Um rio, dois países.** In: BROCH, S. O; MEDEIROS, Y; SOUZA, P. R (Org.). Pé na água: uma abordagem transfronteiriça da bacia do Apa. 128 p. Ed. UFMS. Campo Grande – MS: 2008.

PISSINATI, M. C; ARCHELA, R. S. **Geossistema Território e Paisagem – Método de estudo da paisagem rural sob a ótica Bertrandiana.** Revista Geografia. V. 18. n. 1. Universidade Estadual de Londrina-Departamento de Geociências. jan/jun. 2009. Disponível em: < <http://www.uel.br/revistas/uel/index.php/geografia/>>.

Programa Levantamentos Geológicos Básicos do Brasil. Campo Grande, Folha SF. 21. Escala 1:1.000.000. Estado do Mato Grosso do Sul. Organizado por Hélio de Oliveira Godoi e Edson Gaspar Martins. Brasília: CPRM, 1999.

POTT, A.; POTT, V. J. **Plantas nativas para recuperação de áreas degradadas e reposição de vegetação em Mato Grosso do Sul**. Campo Grande: Embrapa Gado de Corte, 2003 (Embrapa Gado de Corte. Comunicado Técnico 75).

RODRÍGUEZ, J. M. M; SILVA, E. V; LEAL, A. C. **Planejamento Ambiental em Bacias Hidrográficas**. In: SILVA, E. V; RODRIGUEZ, J. M. M; MEIRELES, A. J. de A. (Org.). Planejamento Ambiental e Bacias Hidrográficas. Fortaleza: Edições UFC, 2011.

ROSA, R; LEITE, M. E. **Geografia e Geotecnologias no Estudo Urbano**. Caminhos de Geografia – Revista on-line. p. 180-186. Fevereiro, 2006. Disponível em: <http://www.ig.ufu.br/revista/caminhos.html>.

ROSA, R. **Geotecnologias na geografia aplicada**. Revista do Departamento de Geografia. São Paulo. v.16. p. 81-90, 2005.

ROSS, J. L. S. **O Registro Cartográfico dos Fatos Geomórficos e a Questão da Taxonomia do Relevo**. Revista do Departamento de Geografia, São Paulo, n. 8, p. 63-74, 1992.

ROSS, J. L. S. **Análise Empírica da Fragilidade dos Ambientes Naturais e Antropizados**. Revista do Departamento de Geografia. n.8, p.63-74, 1994.

SALGUEIRO, T. B. **Paisagem e Geografia**. Finisterra, XXXVI, 72, p. 37-53, 2001.

STEINKE, V. A.; SAITO, C. H. Avaliação geoambiental do território brasileiro nas bacias hidrográficas transfronteiriças. **Revista Brasileira de Gestão e Desenvolvimento Regional**, Taubaté, SP, v. 6, n. 1, p.189-222, jan-abr/2010.

SANTOS, M. **A Natureza do Espaço: Técnica e Tempo, Razão e Emoção**. 4. ed. 2. reimpr. Editora Universidade de São Paulo. São Paulo, 2006.

SANTOS, M. **Metamorfoses do Espaço Habitado, fundamentos teórico e metodológico da geografia**. Hucitec. São Paulo 1988.

Secretaria de Estado de Meio Ambiente, do Planejamento, da Ciência e Tecnologia e Instituto de Meio Ambiente de Mato Grosso do Sul. **Plano estadual de recursos hídricos de Mato Grosso do Sul (PERH-MS)**. Campo Grande, MS: Editora UEMS, 2010.

Secretaria de Assuntos Estratégicos (SAE). Água e Desenvolvimento Sustentável Recursos Hídricos Fronteiriços e Transfronteiriços do Brasil. Série Estudos Estratégicos – Água e Desenvolvimento Sustentável. Brasília: 2013.

SILVA, A. de B. **Sistemas de Informações Geo-referenciadas: conceitos e fundamentos**. Campinas, SP: Editora da Unicamp, 2003.

SILVA, V. R. **Análise sócio-ambiental da bacia do rio Biguaçu-SC: Subsídios ao planejamento e ordenamento territorial**. 2007. 227 f. Tese (Doutorado) –

Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2007.

SOCHAVA, V. B. **O estudo de geossistemas. Métodos em questão**, n.16, IGUSP. São Paulo, 1977. 51 p.

SOUZA, M. L. de. **Mudar a cidade: uma introdução crítica ao planejamento e à gestão urbanos**. 3º ed. Bertrand. Rio de Janeiro: 2004.

TRICART, J. **Ecodinâmica**. Rio de Janeiro: IBGE, 1977.

TUCCI, C.E.M. (Organizador). Hidrologia: Ciência e Aplicação, 3ª edição, Porto Alegre, **Editora da UFRGS/ABRH**, 2004.

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