



UNIVERSIDADE ESTADUAL DE MARINGÁ
CENTRO DE CIÊNCIAS HUMANAS, LETRAS E ARTES- CCH



DEPARTAMENTO DE GEOGRAFIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOGRAFIA - CURSO DE MESTRADO
ÁREA DE CONCENTRAÇÃO: ANÁLISE REGIONAL E AMBIENTAL

ORDILEI APARECIDO GASPAR DE MELO

**ANÁLISE COMPARATIVA DA FRAGILIDADE POTENCIAL E EMERGENTE DA
BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO BAIANO – ASSIS CHATEAUBRIAND – PR**

MARINGÁ
2010

ORDILEI APARECIDO GASPAR DE MELO

**ANÁLISE COMPARATIVA DA FRAGILIDADE POTENCIAL E EMERGENTE DA
BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO BAIANO – ASSIS CHATEAUBRIAND – PR.**

Dissertação de Mestrado apresentada a Universidade Estadual de Maringá, como requisito parcial para obtenção do grau de Mestre em Geografia, área de concentração: análise Ambiental e Regional.

Orientador: Prof. Dr. Manoel Luiz dos Santos

Co-orientador: Prof. Dr. Nelson Vicente Lovatto Gasparetto

MARINGÁ
2010

Dados Internacionais de Catalogação-na-Publicação (CIP)
(Biblioteca Central - UEM, Maringá – PR., Brasil)

M528a Melo, Ordilei Aparecido Gaspar de
Análise comparativa da fragilidade potencial e emergente da bacia hidrográfica do rio Baiano - Assis Chateaubriand - PR / Ordilei Aparecido Gaspar de Melo. -- Maringá, 2010. viii, 87 f. : il. color., figs., tabs., quadros.

Orientador : Prof. Dr. Manoel Luiz dos Santos.
Co-orientador : Prof. Dr. Nelson Vicente Lovatto Gasparetto.

Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual de Maringá, Departamento de Geografia, Programa de Pós-Graduação em Geografia, 2010.

1. Fragilidade ambiental - Bacia do rio Baiano - Assis Chateaubriand - PR. 2. Análise comparativa - Bacia do rio Baiano - Assis Chateaubriand - PR. 3. Mapeamento - Bacia do rio Baiano - Assis Chateaubriand - PR. 4. Ação antrópica - Bacia do rio Baiano - Assis Chateaubriand - PR. 5. Vulnerabilidade ambiental - Bacia do rio Baiano - Assis Chateaubriand - PR. I. Santos, Manoel Luiz dos, orient. II. Gasparetto, Nelson Vicente Lovatto, co-orient. III. Universidade Estadual de Maringá. Departamento de Geografia. Programa de Pós-Graduação em Geografia. IV. Título.

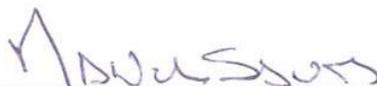
CDD 21.ed. 918.162

“ANÁLISE COMPARATIVA DA FRAGILIDADE POTENCIAL E EMERGENTE DA
BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO BAIANO – ASSIS CHATEABRIAND - PR”

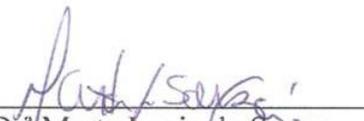
Dissertação de Mestrado apresentada a Universidade Estadual de Maringá, como requisito parcial para obtenção do grau de Mestre em Geografia, área de concentração: Análise Regional e Ambiental.

Aprovada em **05 de maio de 2010**.

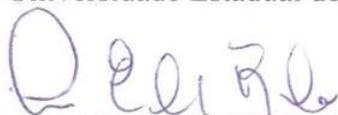
BANCA EXAMINADORA



Prof. Dr. Manoel Luiz dos Santos
Orientador-presidente
Universidade Estadual de Maringá



Prof.ª Dr.ª Marta Luzia de Souza
Membro convidado
Universidade Estadual de Maringá



Prof. Dr. Luis Eduardo de Souza Robaina
Membro convidado
Universidade Federal de Santa Maria

AGRADECIMENTOS

Ao Grupo de Estudos Multidisciplinares do Ambiente (GEMA) por disponibilizar seus laboratórios e equipamentos necessários para realização da pesquisa.

A todos os professores, funcionários e demais colegas que integram o grupo (GEMA) pelas contribuições.

Ao Prof. Dr. Manoel Luiz dos Santos, pela orientação, amizade e principalmente pela confiança depositada na realização deste trabalho.

Ao Prof. Dr. Nelson Vicente L. Gasparetto, pela sua amizade e pelas contribuições em todas as etapas deste trabalho.

À Prof^a Dr^a Marta Luzia de Souza pela amizade, disponibilidade e auxílio nos trabalhos de mapeamentos temáticos.

Ao Programa de Pós-Graduação em Geografia da Universidade Estadual de Maringá, em especial à secretária Cida, pelo apoio e amizade.

Ao Prof^a Msc. Lucimara Liberali, coordenadora do curso de graduação em Geografia da Unimeo Ctesop-Assis Chateaubriand pelo entusiasmo e amizade.

Ao Prof. Msc. Nelson Douhi meu professor da graduação, pela amizade, pelos ensinamentos e por ter acreditado na realização deste trabalho.

À Prefeitura Municipal de Assis Chateaubriand, que dentro das limitações disponibilizou todo seu material para o desenvolvimento da pesquisa.

À C. Vale Cooperativa Agroindustrial, entreposto de Assis Chateaubriand, por disponibilizar os dados pluviométricos dos últimos 11 anos.

Aos amigos Gilmar Echardt, Vladimir de Souza, Edivando Vitor do Couto, Pedro França Junior, Otávio Montagner, Édipo Cremon, Isabel Teresinha Leli, Fabiana Zaparoli, Alan Charles Fontana, Alceu Rodrigues, Daiany Duarte Manieri, Ranieri Paiva, e, em especial a Rafaela Harumi Fujita entre outros, os quais nunca hesitaram em ajudar, contribuindo diretamente na realização deste trabalho e compartilhando desta conquista.

A Kelly Cristina de Campos pela compreensão, carinho e apoio em todas as etapas deste trabalho.

Meu especial agradecimento a todas as pessoas que confiaram e contribuíram nessa conquista, aos meus pais: Luiz Pereira de Melo, Maria Aparecida Gaspar de Melo, e minha irmã Luciana Gaspar de Melo, que ajudaram mesmo a distância, nesta conquista.

SUMÁRIO

INDICE DE FIGURAS	iv
INDICE DE QUADROS.....	vi
RESUMO	vii
<i>ABSTRACT</i>	viii
1. INTRODUÇÃO	1
2. OBJETIVOS	3
2.1 Objetivo geral	3
2.2 Objetivos específicos	3
3. LOCALIZAÇÃO DO MUNICÍPIO E DA ÁREA DE ESTUDO	4
4. HISTÓRICO DA OCUPAÇÃO DO MUNICÍPIO DE ASSIS CHATEAUBRIAND	5
4.1 Colonização	5
4.2 Demografia.....	7
4.3 Atividade Agrícola e de serviços.....	8
5. CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DA REGIÃO E DA ÁREA DE ESTUDO.....	10
5.1 Relevo e substrato Rochoso.....	10
5.2 Características do clima	11
5.3 Vegetação	12
5.4 Hidrografia	13
6. FUNDAMENTOS TEÓRICOS E METODOLÓGICOS	15
7. MÉTODOS E TÉCNICAS	24
7.1 Etapas de realização do trabalho.....	24
7.1.1 Geomorfologia	26
7.1.2 Curva hipsométrica	27
7.1.3 Curva de distribuição de declividade.....	28
7.1.4 Perfis transversais	28
7.1.5 Carta base	29

7.1.6	Carta de Compartimentação da Bacia	29
7.1.7	Carta de evolução do uso e ocupação do solo (1985, 1996 e 2009)	29
7.1.8	Carta hipsométrica	30
7.1.9	Carta de declividade	31
7.1.10	Carta Geomorfológica	31
7.1.11	Carta de solos	32
7.1.12	Carta de classes de fragilidade ambiental com base na proposta de Crepani et al (1996)	32
7.1.13	Carta de classes de fragilidade ambiental com base na proposta de Ross (1994)	35
7.1.14	Carta de classes de fragilidade ambiental adaptada da proposta de Ross (1994)	38
8.	RESULTADOS E DISCUSSÕES	39
8.1	Análise Pluviométrica da Bacia	39
8.2	Solos	40
8.3	Geomorfologia	44
8.3.1	Perfis transversais da bacia	51
9	Análise dos Produtos Cartográficos	54
9.1	Carta base	54
9.2	Carta de Compartimentação da bacia do rio Baiano	54
9.3	Carta de evolução do uso e ocupação do solo (1985, 1996 e 2009)	57
9.4	Carta hipsométrica	62
9.5	Carta Geomorfológica	65
9.6	Processos Morfodinâmicos Atuais	68
9.7	Carta de declividade	69
10.	VULNERABILIDADE AMBIENTAL DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO BAIANO	72

10.1	Carta de classes de fragilidade ambiental com base na proposta de Crepani et al (1996).....	72
10.2	Carta de classes de fragilidade ambiental com base na proposta de Ross (1994).....	75
10.3	Carta de classes de fragilidade ambiental adaptada da proposta de Ross (1994).....	78
11	CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	81
12	REFERÊNCIAS.....	83

INDICE DE FIGURAS

Figura 1 - Localização da Área de estudo	4
Figura 2- Início da ocupação de Assis Chateaubriand (1961).....	6
Figura 3 - Tipos climáticos do estado do Paraná, baseado em Köeppen (1948).....	11
Figura 4 – Ordenamento dos canais da bacia hidrográfica do rio Baiano, conforme Strahler (1952).....	14
Figura 5- Representação simplificada do sistema fluvial, conforme Charlton (2008).....	17
Figura 6- Fluxograma com as etapas de realização da pesquisa	25
Figura 7- Classificação das diferentes formas de relevo, segundo Ross (1996).....	32
Figura 8- Distribuição pluviométrica anual para a bacia do rio Baiano (período de 1998 – 2009).....	39
Figura 9 - Precipitação média mensal em milímetros, (período de 1998 – 2009).....	40
Figura 10 – Representação esquemática dos solos ao longo de duas vertentes sobre o basalto no Terceiro Planalto Paranaense.....	41
Figura 11 - Carta de solos da bacia hidrográfica do rio Baiano	43
Figura 12- Perfil longitudinal do rio Baiano com os trechos medidos	46
Figura 13- Geologia da área de estudo com orientação das falhas e fraturas e trechos medidos ao longo do curso do rio Baiano	48
Figura 14- Curva hipsométrica da bacia hidrográfica do rio Baiano.....	50
Figura 15 - Curva de distribuição de declividade da bacia hidrográfica do rio Baiano.....	50

Figura 16 - Perfis transversais da bacia hidrográfica do rio Baiano.....	53
Figura 17 - Carta base da bacia do rio Baiano.....	55
Figura 18 - Carta de compartimentação da bacia do rio Baiano	56
Figura 19 – Gráficos referentes à evolução do uso do solo	57
Figura 20 - Área de reserva florestal, principal remanescente de vegetação nativa da bacia. Foto: Ordilei Aparecido Gaspar de Melo - 2010.....	58
Figura 21 - Carta de evolução do uso do solo da bacia hidrográfica do rio Baiano (1985, 1996 e 2009).....	59
Figura 22 – Parte da malha urbana de Assis Chateaubriand (compartimento CI). Foto: Ordilei Aparecido Gaspar de Melo - 2010.....	60
Figura 23 - Área agrícola ocupada com cultura temporária (plantio de soja). Foto: Ordilei Aparecido Gaspar de Melo - 2010.....	61
Figura 24 – Pequena área de pastagem no setor sul da bacia (compartimento CI), ao fundo plantio de soja e conjunto habitacional. Foto: Ordilei Aparecido Gaspar de Melo - 2010.....	61
Figura 25 - Carta hipsométrica da bacia hidrográfica do rio Baiano	64
Figura 26 - Carta geomorfológica da bacia hidrográfica do rio Baiano	67
Figura 27 – Fotografias mostrando processos erosivos atuais: 1 – ravina em área de baixa declividade; 2 – erosão laminar em área de pastagem próximo ao rio Baiano. Foto: Ordilei Aparecido Gaspar de Melo - 2010.....	68
Figura 28 – Fotografias mostrando a exploração de basalto: 1 – exploração de cascalho; 2 – pedreira desativada, paredão vertical de exploração de basalto. Foto: Ordilei Aparecido Gaspar de Melo - 2010.....	69
Figura 29 - Carta de classes de declividade da bacia hidrográfica do rio Baiano.....	71
Figura 30 - Carta de classes de fragilidade ambiental da bacia hidrográfica do rio Baiano com base na proposta de Crepani et al (1996)	74
Figura 31 - Carta de fragilidade ambiental da bacia hidrográfica do rio Baiano com base na proposta de Ross (1994).....	77
Figura 32 – Fotografias mostrando áreas de fragilidade ambiental muito alta: 1 – cabeceira de drenagem próximo a área urbana; 2 e 3 – voçoroca provocada pelo fluxo concentrado de	

águas pluviais provenientes da área urbana; 4 – área de solos rasos, utilizada para exploração de basalto. Foto: Ordilei Aparecido Gaspar de Melo - 2010..... 79

Figura 33 – Carta de fragilidade da bacia hidrográfica do rio Baiano com apoio na cobertura vegetal/uso do solo..... 80

INDICE DE QUADROS

Quadro 3- Classes de vulnerabilidade..... 22

Quadro 4 - Matriz dos índices de dissecação do relevo, adaptado de Ross, (1994)..... 28

Quadro 5 – Escala de vulnerabilidade da rocha 33

Quadro 6 – Escala de erosividade da chuva 35

Quadro 7 - Graus de Vulnerabilidade/estabilidade, conforme Ross (1994) 36

Quadro 8 - Escala de vulnerabilidade para as classes de declividade, conforme Ross (1994) 36

Quadro 9 – Classes de fragilidade dos solos, conforme Ross (1994)..... 37

Quadro 10 – Graus de proteção do solo segundo a cobertura vegetal/uso do solo 37

Quadro 11 - Níveis hierárquicos das variações pluviométricas 38

Quadro 12 - Área ocupada pelas classes de altitude na bacia do rio Baiano 63

Quadro 13 - Área ocupada pelas classes de morfologia do terreno na bacia do rio Baiano 66

Quadro 14 - Área ocupada pelas classes de declividade na bacia do rio Baiano 70

INDICE DE TABELAS

Tabela 1- População do município de Assis Chateaubriand 8

Tabela 2 – Taxonomia das formas de relevo..... 20

Tabela 3 – Graus de Vulnerabilidade/estabilidade 33

Tabela 4 – Escala de vulnerabilidade para as classes de declividade 33

Tabela 5 – Graus de vulnerabilidade/estabilidade dos solos.....34

Tabela 6 – Graus de proteção exercidos pela vegetação.....34

Tabela 7 – Resumo das variáveis morfométricas do rio Baiano.....46

Tabela 8 - Índices de Dissecação do Relevo dos perfis transversais da Bacia do Rio Baiano. 52

RESUMO

A dissertação tem como proposta a comparação entre modelos de fragilidade ambiental mediante a análise integrada do ambiente, para tal exercício foram propostas diferentes metodologias, que culminaram em diferentes formas de modelagem de dados a fim de verificar qual destas apresenta como resultado uma maior conformidade com o estágio de equilíbrio/desequilíbrio dinâmico da área de estudo. A área delimitada para a realização desta pesquisa foi a bacia hidrográfica do rio Baiano, localizada no município de Assis Chateaubriand, região Oeste do estado do Paraná. Nesse sentido, foi feito o mapeamento de áreas suscetíveis a riscos naturais ou induzidos pela ação antrópica por meio da utilização de metodologias que buscam avaliar riscos potenciais e emergentes. Para tanto, fez-se necessário a identificação de algumas características físicas (solos, clima, rochas, relevo) e de uso e ocupação do solo da bacia de drenagem, sintetizando as informações para a elaboração de três mapas de fragilidade ambiental, ou seja, produtos cartográficos temáticos que representem os componentes do ambiente natural e socioeconômico de importância para o planejamento do uso do solo, para projetos de engenharia, para subsidiar o planejamento ambiental e dos sítios urbanos, bem como apoiar trabalhos futuros.

Palavras-chave: Análise comparativa, bacia hidrográfica, mapeamento, fragilidade ambiental.

ABSTRACT

This dissertation proposed to do the comparison between models of environmental fragility through integrated analysis of the environment, for this exercise were proposed different methodologies, that resulted in different forms of data modeling to verify which of these features result in greater conformity with the stage of equilibrium / disequilibrium dynamic of the study area. The study area to make this research was the river basin of Baiano, located in Assis Chateaubriand municipality, west of Paraná State. In this sense, it was made the mapping of susceptible areas to natural risks or induced by human action, through use of the methodologies that seek to evaluate the potential risks and emerging risks. for this, it was necessary the identification of the some physical characteristics (soils, climate, rocks, relief) and the use and occupation of the watershed, synthesizing the information for the preparation of three maps of environmental fragility, in other words, thematic cartographic products which represent the components of the natural environment and socio-economic of importance for the planning of soil use, for engineering projects, for subsidize environmental planning and of the urban sites, as well as to support future works..

Key words: *Comparative analysis, hydrographic basin, mapping, environmental fragility.*

1. INTRODUÇÃO

O ser humano reproduz no espaço seu ritmo de desenvolvimento, provocando alterações nas características fisionômicas das paisagens, fato que tem se reproduzido a nível global. A expansão das áreas urbanas, o aumento da população mundial, e, conseqüentemente a maior necessidade de produção de alimentos, vêm aumentando a pressão sobre os recursos naturais. Em decorrência disso, elementos do meio físico como solo, relevo, vegetação e hidrografia têm seu equilíbrio dinâmico rompido, tornando-se mais vulneráveis e passíveis de degradação.

A área de pesquisa está localizada no município de Assis Chateaubriand, inserido na região oeste do Paraná e também vem sofrendo impactos decorrentes da intensificação do uso do solo, principalmente para fins agrícolas. Ao contrário do que ocorre no cenário mundial, a área não tem observado grandes avanços da urbanização, porém a porção impermeabilizada provoca modificações na dinâmica hidrológica da bacia.

A opção em estudar uma bacia hidrográfica se deve ao fato de ser esta, uma unidade territorial de suma importância para estudo, planejamento e gestão dos recursos naturais. Além disso, a bacia hidrográfica contempla tanto elementos físicos quanto socioeconômicos e se constitui num sistema aberto de troca de energia e matéria.

No Brasil, foi apenas a partir da década de 1980 do século passado que se intensificaram os estudos relacionados à bacia hidrográfica como unidade de planejamento. A bacia de drenagem exerce um importante papel no que se refere à evolução do relevo uma vez que os cursos d'água constituem importantes modeladores da paisagem (GUERRA e CUNHA, 1996).

Sendo assim, esta pesquisa tem o intuito de apoiar o planejamento ambiental da bacia em estudo, tendo em vista que sua principal drenagem (rio Baiano) é afluente da margem esquerda do rio Piquiri, importante tributário do rio Paraná. Desta forma, procurou-se fazer uma abordagem da bacia hidrográfica de forma integrada, buscando estabelecer uma síntese da relação entre os elementos físicos e de uso e ocupação do solo.

A análise da vulnerabilidade ambiental da bacia, proposta da pesquisa foi realizada com base nas propostas metodológicas de Crepani et al (1996) e Ross (1994). Para fins comparativos, estas foram utilizadas com o intuito de se verificar qual delas melhor se adapta a área de estudo.

Finalmente é apresentada uma terceira proposta levando-se em consideração as características específicas da área, evidenciadas em campo.

Os estudos técnico-científicos referentes à bacia do rio Baiano são escassos, daí a importância deste recorte para trabalhos futuros e para utilização por parte de instituições públicas, em que se pese a relevância ambiental e socioeconômica da referida área.

2. OBJETIVOS

2.1 Objetivo geral

Fazer a análise comparativa da fragilidade potencial e emergente da bacia hidrográfica do rio Baiano identificando as suas diferentes classes através da aplicação de diferentes metodologias a fim de compatibilizar os resultados com a realidade de campo.

2.2 Objetivos específicos

- * Realizar a caracterização física e de uso e ocupação do solo da bacia;
- * Hierarquizar os níveis de fragilidade ambiental presentes na área de estudo;
- * Fazer a correlação dos produtos cartográficos básicos, e dos trabalhos de campo para a geração das cartas síntese de fragilidade ambiental;
- * Elaborar as cartas de fragilidade ambiental da bacia hidrográfica do rio Baiano a partir da utilização de diferentes metodologias;
- * Analisar os modelos de fragilidade ambiental, identificando qual melhor se adapta à dinâmica ambiental da bacia.

3. LOCALIZAÇÃO DO MUNICÍPIO E DA ÁREA DE ESTUDO

O Município de Assis Chateaubriand está situado na região Oeste do Estado do Paraná, aproximadamente entre as latitudes $24^{\circ}11'48''$, $24^{\circ}40'04''$ S e longitudes $53^{\circ}26'10''$, $53^{\circ}42'49''$ W, a 440 metros de altitude e corresponde a uma área territorial de 1.010,33 Km².

A bacia hidrográfica do rio Baiano ocupa uma área de drenagem de 69,78 km² e está localizada no setor Norte do município, encontrando-se quase integralmente no espaço rural, entre as latitudes $24^{\circ}14'48''$, $24^{\circ}24'59''$ S e longitudes $53^{\circ}29'20''$, $53^{\circ}33'38''$ W. No setor sudeste da bacia é verificada a presença da malha urbana, onde nasce o canal principal rio Baiano, orientado no sentido noroeste, até desaguar no rio Piquiri (Figura 1).

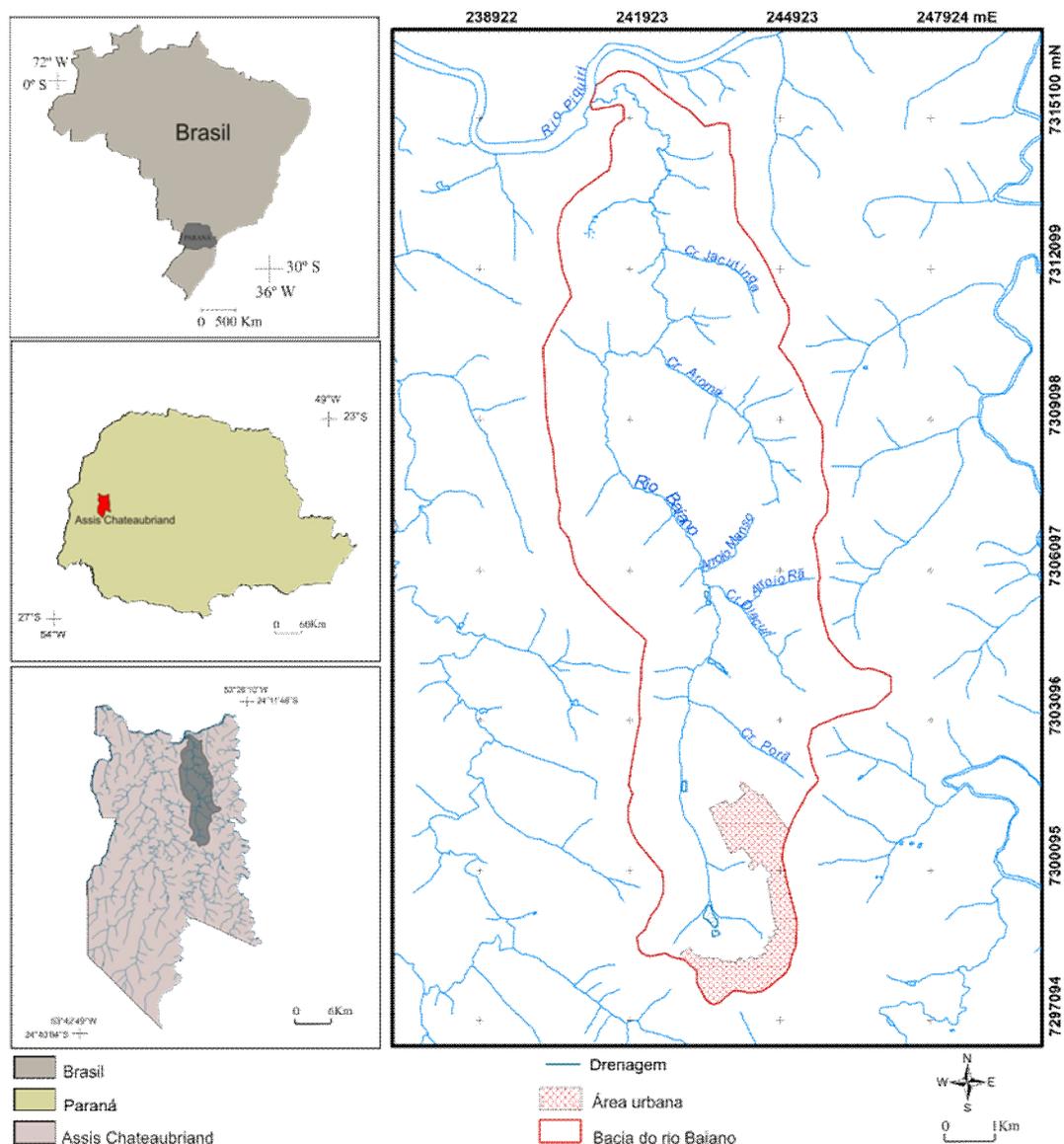


Figura 1 - Localização da Área de estudo

4. HISTÓRICO DA OCUPAÇÃO DO MUNICÍPIO DE ASSIS CHATEAUBRIAND

4.1 Colonização

Assis Chateaubriand teve sua origem ligada a um plano de colonização empreendido pela Colonizadora Norte do Paraná S/A antecedida pela sociedade Colonizadora União D'Oeste Ltda de propriedade do Sr. Adízio Figueiredo dos Santos. Esta adquirente da Gleba Santa Cruz, das promissoras terras do Vale do Piquiri em 17 de Novembro de 1951, funda no ano seguinte a primeira estrutura urbana, que serve de base para os trabalhos topográficos. A vila inicial foi nomeada Campo dos Baianos numa referência à origem nordestina da maior parte de seus moradores (LIMA, 2004).

A efetiva ocupação se dá com a aquisição dos direitos da gleba pela Colonizadora Norte do Paraná, em 1958, que executa um modelo de colonização nos moldes empreendidos no norte do Estado, com pequenas propriedades e uma rede de cidades próximas. Essa ocupação expressa a nova urbanização brasileira que se constitui a partir de 1940 e caracteriza-se pelo surgimento de núcleos urbanos no interior do país e pela maior articulação entre cidades (SANTOS, 1996).

A cidade começa a ser construída em 1961 como distrito do município de Toledo (Figura 2). Foi nomeada pelo proprietário da Colonizadora, de Tupãssi, que em Tupi-Guarani significa “Mãe de Deus”. Em 27 de Julho de 1962, de acordo com a Lei n° 4.582, o então distrito de Toledo passa a denominar-se Assis Chateaubriand, uma homenagem do empresário Oscar Martinez, dono da Colonizadora Norte da Paraná S/A ao amigo jornalista e embaixador brasileiro Francisco de Assis Chateaubriand Bandeira de Melo. Em 20 de agosto de 1966, entrou em vigor a Lei n.º 5.389 criando o Município de Assis Chateaubriand, desmembrado de Toledo, elevando sua sede à categoria de cidade. A instalação do Município se deu em 14 de março de 1967, sendo nomeado Interventor Municipal, o Sr. Manoel de Souza Ramos, por meio do decreto n.º 4.379, de 13 de março de 1967, exerceu esse cargo até 31 de janeiro de 1969.



Figura 2- Início da ocupação de Assis Chateaubriand (1961)
Fonte: Lima (2004)

Devido ao encontro de duas correntes migratórias distintas que ocuparam as férteis terras do oeste paranaense, o Vale do Piquiri foi o grande divisor de águas da colonização no Estado do Paraná. A primeira corrente fora de nordestinos, capixabas, mineiros e paulistas, já a segunda foi do sul do Brasil, composta de gaúchos e catarinense (MAIOR, 1996).

De acordo com Lima (2004), “resulta da confluência dos dois fluxos migratórios a característica peculiar da população da cidade, a condição de espaço de transição ou confronto sócio-cultural entre as influências do Sul e do Norte/Nordeste do país, diferenciando-se de maneira significativa dos municípios: ao Sul, Tupãssi, Toledo e Palotina com influência predominante de Gaúchos e Catarinenses; e ao Norte, Brasilândia do Sul e Alto Piquiri, notadamente influenciados pela cultura paulista, mineira e de alguns estados do nordeste.

Segundo Maior (1996), o Oeste do Paraná comportou-se em três fases, a partir da sua colonização.

A primeira fase é da economia extrativista e de subsistência familiar nas décadas de 1950 e 1960. A segunda fase, concentrada nas décadas de 1970 e 1980, período de modernização na produção agrícola, sendo implantadas as culturas da soja, trigo, algodão e milho.

A terceira fase é a atualidade, ou seja, década de 1990 e o novo milênio, marcada pela diversificação na base agropecuária e pela busca de alternativas da agroindustrialização e de competitividade.

No início da colonização de Assis Chateaubriand, onde tudo era mata virgem, a principal fonte de renda era a agricultura comercial e principalmente a agricultura de subsistência.

De acordo com Maior, 1996 a primeira forma de agricultura fora o cultivo de hortaliças, mandioca, feijão, arroz e milho, criação de pequenos animais: porco, galinha e gado. Com a derrubada das matas, a escala de produção aumentou, passando ao plantio em grande escala, culturas já mencionadas e o café em áreas altas (cabeceiras dos lotes devido às geadas). Com a introdução da lavoura branca, houve uma produção contínua, mesmo com o plantio ainda manual, devido aos tocos e madeira derrubados nas propriedades. Surge em seguida o ciclo da hortelã, que empregou grande quantidade de gente, pois sua mão-de-obra era grande até a extração do óleo. Com a mecanização (década de 1960), e a entrada da soja no mercado, houve grande êxodo rural, fato mundial, onde parte da mão-de-obra fora substituída por máquinas e implementos agrícolas, e com tal mecanização foram surgindo o algodão, o trigo, a soja e outras culturas até os dias de hoje.

4.2 Demografia

Segundo relatos de pioneiros, devido ao encontro das duas correntes migratórias houve grande circulação de pessoas no então recém criado município de Assis Chateaubriand, principalmente nos anos de 1960 e 1970, desde então houve um decréscimo populacional devido ao fim do ciclo da hortelã (1975), que empregava número considerável de pessoas e com o início da mecanização, o êxodo rural foi acentuando-se (MAIOR, 1996). Porém esse contingente de pessoas que deixou o campo, ao contrário do que se observa nas grandes cidades, não se aglomerou na área urbana do município, mas, deixou a região em direção aos grandes centros como Curitiba, cidades do estado de São Paulo, entre outros.

Os imigrantes nordestinos representam cerca de 35% da população do município, os imigrantes estrangeiros (japoneses, italianos, alemães e outros) somam cerca de 10%. Atualmente o município conta com uma população de 32.065 habitantes dos quais 27.640 residentes no espaço urbano e 4.425 residentes na área rural (IBGE, 2007). Apresenta uma densidade demográfica de 32,97 hab/Km², distribuída de forma desigual, visto que muitas pessoas deixaram o campo para viverem na área urbana.

Desde o início da colonização até os dias atuais, tanto o espaço urbano quanto o rural de Assis Chateaubriand, passaram por diferentes fases de desenvolvimento. Da mesma maneira que atraiu fluxos populacionais intensos, assistiu ao declínio dos índices

demográficos. Pode-se observar na tabela 1, o vertiginoso crescimento demográfico chateaubriandense do ano de 1960 para 1970, porém o que se seguiu nos anos posteriores foi um também acentuado declínio populacional constatado no decorrer a realização dos programas censitários.

Tabela 1- População do município de Assis Chateaubriand
POPULAÇÃO DO MUNICÍPIO DE ASSIS
CHATEAUBRIAND-PR

PERÍODO	RURAL	URBANA	TOTAL
1960	////////	////////	3.487
1970	67.180	11.604	78.794
1980	26.255	28.376	54.631
1991	10.902	28.835	39.737
1996	8.105	27.553	35.658
2000	6.265	27.052	33.317
2007	4.425	27.640	32.065

Fonte: IBGE (2007)

4.3 Atividade Agrícola e de serviços

O município de Assis Chateaubriand ainda apresenta-se essencialmente agrícola, considerando que as atividades econômicas predominantes têm como base à produção agropecuária. Inserido no contexto econômico nacional e internacional convergiu para a economia agrária tecnificada, que representa a sua principal atividade econômica. Das atividades agrícolas desenvolvidas no município, merecem destaque as culturas temporárias como a produção de soja, milho e trigo, os quais são cultivados em escala comercial. São desenvolvidas duas culturas anuais, uma de inverno e outra de verão, os métodos de plantio são, o convencional ainda praticado no Brasil e o plantio direto na palha com maiores benefícios à conservação do solo e controle da erosão.

No ano de 2005 a cultura do trigo levou o município ao primeiro lugar no *ranking* da produção nacional. Apesar de ter tido uma queda na produtividade em relação à 2004, o município aumentou sua área cultivada em 10.000 hectares, o que levou a um acréscimo de 28% na produção. As 96.000 toneladas produzidas em Assis Chateaubriand representaram 2,06% da produção nacional e 3,47% da paranaense (IBGE,2006).

Na área urbana predominam as atividades comerciais e serviços voltados as necessidades locais, atendendo também a municípios vizinhos com menor infraestrutura. As

atividades comerciais são altamente dependentes da produção agrícola, pois, um bom desempenho da agricultura, garante também as vendas para o comércio e contratação de mão-de-obra para as prestadoras de serviços.

5. CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DA REGIÃO E DA ÁREA DE ESTUDO

5.1 *Relevo e substrato Rochoso*

O município de Assis Chateaubriand desenvolve-se exclusivamente sobre substrato rochoso, formado pelo basalto, originado do vulcanismo fissural que ocorreu na bacia do Paraná. A essa sequência de derrames White (1908), definiu como Formação Serra Geral (JK). Segundo Leinz (1949) essas litologias recobrem praticamente toda a bacia sedimentar do Paraná, com uma área superior a 1.200.000km².

De acordo com Pinese e Nardy, (2003) a Formação Serra Geral resultou de um dos mais extensos eventos vulcânicos globais de natureza fissural que inundou de lavas a bacia do Paraná e recobriu aproximadamente 75% de toda sua superfície. O magmatismo a grosso modo, ocorreu a 132 M.a. atrás e se estendeu por um período de tempo relativamente curto (1,1 M.a.), o que conferiu ao fenômeno uma taxa de efusão elevada, da ordem de 1km³ de lavas/ano. Cada corrida de lava vulcânica ou derrame pode atingir em média 30 a 40m de espessura e compõe-se de três partes principais: base, zona central e topo. A base constitui uma zona vítrea e vesicular, material de fácil decomposição. A zona central é a mais espessa e maciça, porém recortada por juntas verticais, que formam um arranjo prismático que se assemelha a colunas de base hexagonais.

O topo de um derrame típico apresenta os denominados “olhos de sapo”, resultantes da concentração dos gases abaixo da superfície da lava em resfriamento, formando bolhas que são posteriormente preenchidas (amígdalas) ou permanecem vazias (vesículas), (MINEROPAR, 2006).

O estudo do substrato rochoso de uma determinada área é de suma importância para a compreensão das formas de relevo, da gênese e composição dos solos, a fim de direcionar os estudos referentes à fragilidade do ambiente.

Geomorfologicamente, a área de estudo está inserida na bacia sedimentar do Paraná, na unidade morfoescultural denominada Terceiro Planalto Paranaense, subunidade Planalto de Cascavel, que apresenta média dissecação do relevo, predomínio de vertentes convexas e altitudes variando de 240 a 920m. (SANTOS et al. 2006).

Segundo Nakashima; Nóbrega (2003) o relevo do Terceiro Planalto Paranaense é de um modo geral caracterizado por extensos platôs, com topos aplainados, levemente convexos

em geral nos divisores das principais bacias hidrográficas como a do Paranapanema, Ivaí, Piquiri e Iguaçu. Nas áreas onde a rede de drenagem é mais densa aparecem colinas médias e curtas, com declividades mais acentuadas, que geralmente ocorrem próximo às nascentes dos principais afluentes e sub-afluentes.

5.2 Características do clima

As condições climáticas de uma determinada região resultam de uma série de fatores que atuam conjuntamente e que produzem características específicas. Para Nimer (1979) o clima de uma região é determinado por fatores físicos como a latitude, altitude, continentalidade, radiação solar e outros fatores dinâmicos, caracterizados por influências de massas de ar que cobrem uma região.

O regime climático ao qual está inserido o município de Assis Chateaubriand (Figura 3) se caracteriza segundo classificação de Köppen (1948) como Cfa – Clima Subtropical Úmido (Mesotérmico), com média do mês mais quente superior a 22°C e no mês mais frio inferior a 18°C, sem estação seca definida, verão quente e geadas menos frequentes (MAACK, 1981). A precipitação anual é em média de 1250 a 1500mm.

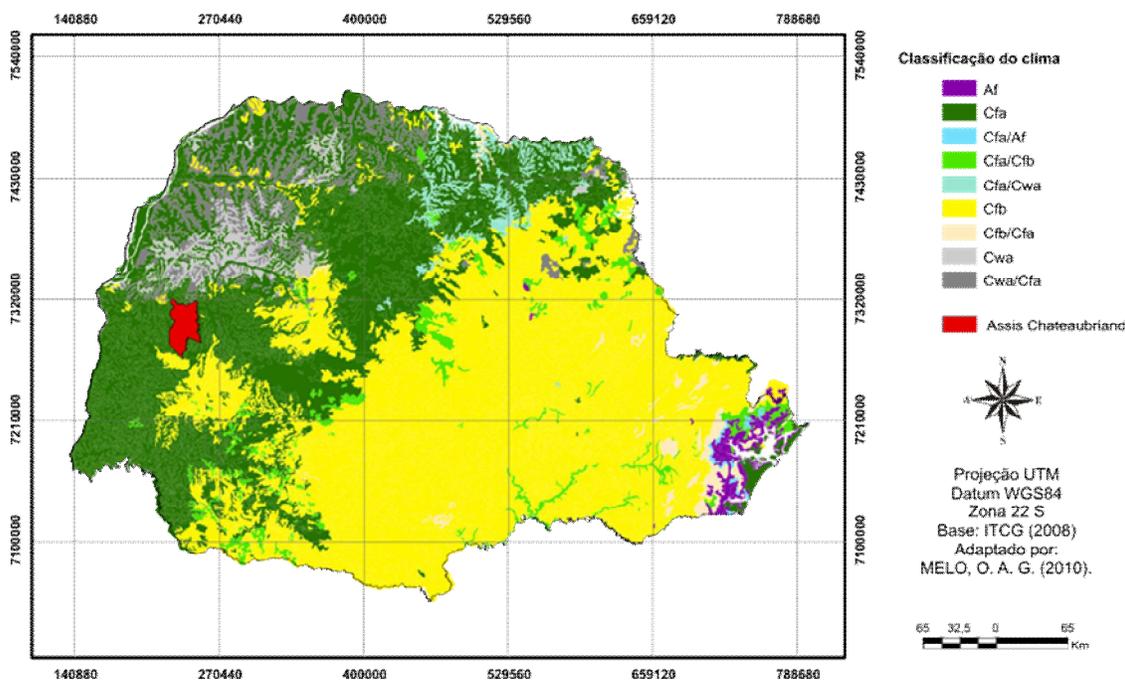


Figura 3 - Tipos climáticos do estado do Paraná, baseado em Köppen (1948)

5.3 Vegetação

A vegetação exerce um papel importante quanto agente protetor dos ambientes naturais, com efeito, grande parte da água proveniente dos eventos chuvosos, fica retida nas folhas, evitando o impacto direto das gotas no solo, possibilitando uma infiltração mais lenta para as camadas de subsuperfície, reduzindo o escoamento superficial concentrado. Contudo, deve-se considerar que, mesmo em solos protegidos por vegetação natural podem ocorrer processos erosivos, mas, com menores proporções.

Do total da área do Estado do Paraná, mais de 83% era recoberta por mata, este percentual vai rapidamente decaindo a partir da década de 1930, quando então a ação antrópica no Estado ocorre de maneira mais intensa (MAACK, 1981).

No município de Assis Chateaubriand, bem como em todo o Oeste paranaense, havia uma cobertura vegetal densa e exuberante, constituída pela Floresta Estacional Semidecidual, que de acordo com Maack (op. cit) é formada por árvores que chegavam de 30 a 40m de altura, dentre elas, espécies como a peroba, canela, cedro, pau d'alho, ipês, imbúias, entre outras.

A Floresta Estacional Semidecidual é um tipo de vegetação que está condicionado a dupla estacionalidade climática, uma tropical com épocas de intensas chuvas de verão, com temperaturas médias em torno de 22°C, seguida por estiagem acentuada, e outra subtropical sem período seco, mas com seca fisiológica provocada pelo intenso frio do inverno com temperaturas médias em torno de 15°C. Estes climas determinam uma estacionalidade foliar dos elementos arbóreos dominantes, os quais têm adaptação ora à deficiência hídrica, ora à queda da temperatura nos meses frios (IBGE, 1997).

A derrubada da mata nessa região teve início em meados do século XX, quando os desbravadores voltaram seus olhos para a então conhecida “terra roxa”, um solo muito favorável às práticas agrícolas, desde então houve uma acelerada substituição da cobertura vegetal natural pelo plantio de café e hortelã, e nos últimos anos pelas culturas temporárias de trigo, soja e milho.

A vegetação predominante na área de estudo, caracteriza-se pela ocorrência de fragmentos isolados de mata em Áreas de Preservação Permanente (APPs), como a mata ciliar, reserva legal e no horto florestal, sendo assim, remanescentes da cobertura vegetal original. De modo geral, a vegetação primária encontra-se extremamente reduzida pela exploração excessiva ocorrida desde meados do século XX.

5.4 Hidrografia

O município de Assis Chateaubriand apresenta uma densa rede de drenagem, influenciados pelo declive do relevo, os rios têm vergência predominantemente nos sentidos Norte e Noroeste, para desagüarem no rio Piquiri, importante tributário do rio Paraná. Neste sentido, predominam os rios Barreiro, Peixe, Encantado, Baiano e Verde, além de vários córregos. Os padrões de drenagem imperantes, são o subdendrítico e o subparalelo.

Na bacia em estudo ocorrem canais de até quarta ordem, o maior número de tributários, com maior volume de água se localizam na margem direita, orientados no sentido noroeste até desaguar no canal principal (rio Baiano). Esses tributários estão dispostos de forma subparalela, caracterizando o padrão de drenagem da área (figura 4). O padrão de drenagem forma-se a partir do arranjo, em planta, dos cursos d'água dentro da área de captação de uma bacia hidrográfica, e, sofrem influência, dentre outros fatores, do substrato rochoso e do clima.

As características da rede de drenagem, influenciados pela declividade e pelo substrato rochoso, também refletem o potencial de degradação dos recursos naturais (BELTRAME, 1994).

De acordo com Strahler apud Christofolletti (1974) o ordenamento dos canais de uma bacia hidrográfica se apresenta da seguinte forma: os menores canais, sem tributários são considerados de 1º ordem, estendendo-se da nascente até a confluência; os canais de 2º ordem surgem da confluência de dois canais de 1º ordem; os canais de 3º ordem surgem da confluência de dois canais de segunda ordem, podendo receber tributários das ordens inferiores e assim sucessivamente.

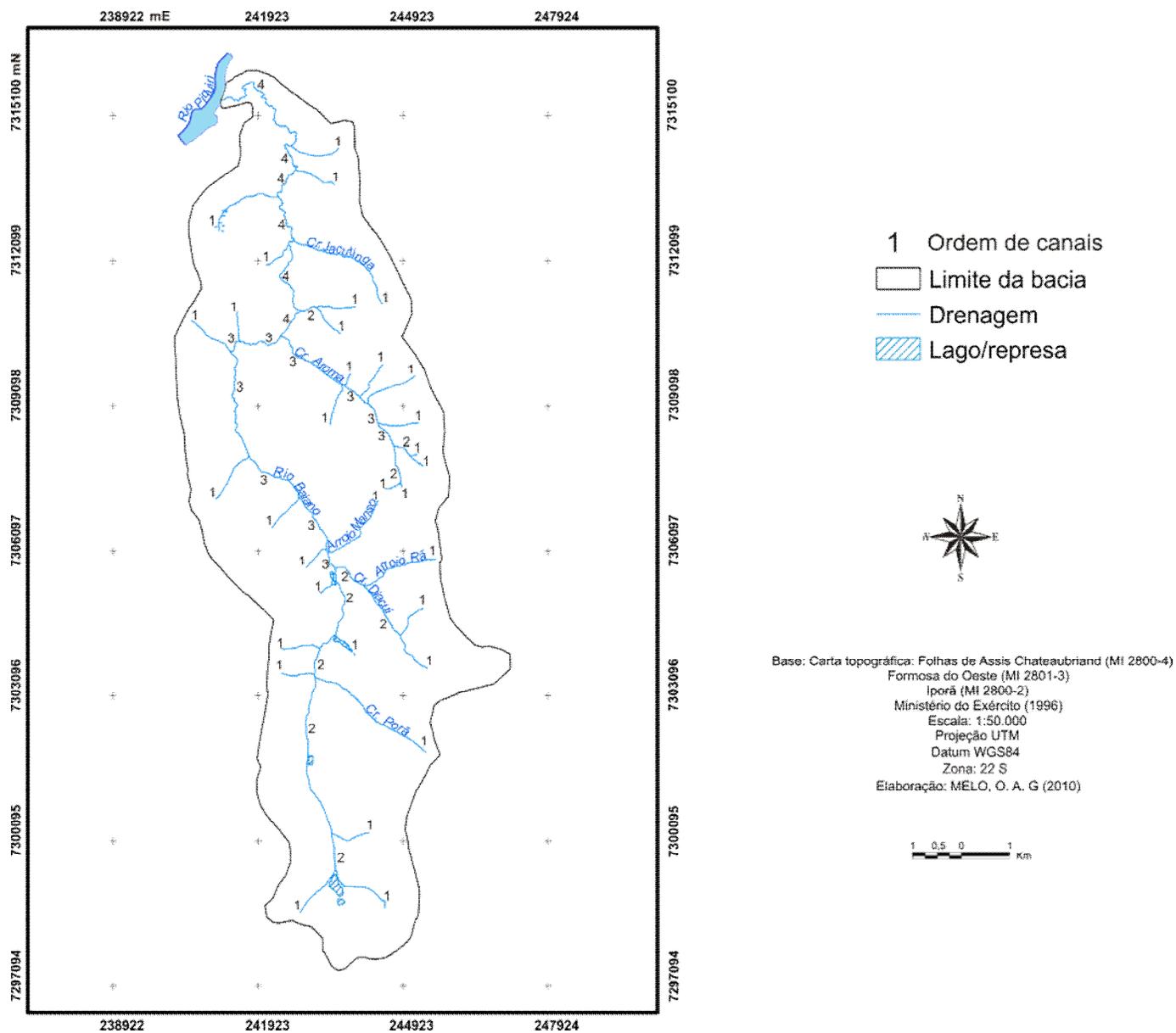


Figura 4 – Ordenamento dos canais da bacia hidrográfica do rio Baiano, conforme Strahler (1952)

6. FUNDAMENTOS TEÓRICOS E METODOLÓGICOS

Os sistemas ambientais, face às intervenções humanas, apresentam maior ou menor fragilidade em função de suas características “naturais”. Qualquer alteração nos diferentes componentes da natureza (relevo, solo, vegetação, clima, rochas e recursos hídricos) acarreta no comprometimento da funcionalidade do sistema, quebrando o seu estado de equilíbrio dinâmico. Estas variáveis tratadas de forma integrada possibilitam obter um diagnóstico das diferentes categorias hierárquicas da fragilidade dos ambientes naturais (SPÖRL e ROSS, 2004).

Seguindo os pressupostos geossistêmicos de Sotchava (1977), acredita-se que a preocupação central dos estudos da Geografia Física, não é simples e tão somente estudar os componentes da natureza, mas sim, as conexões entre eles. O estudo não deve ficar restrito à morfologia da paisagem e suas subdivisões, mas extrapolar para o estudo da sua dinâmica, não deixando de lado a conexão entre o homem e a natureza.

De acordo com Grigoriev (1968) a crosta terrestre, a hidrosfera, a troposfera, a cobertura vegetal e o reino animal, formam o “Estrato Geográfico da Terra”, ou seja, um conjunto de fatores que define o ambiente onde vivem os homens. Sendo assim, este conjunto de fatores está intensamente interligado, devendo ser estudado como partes de um todo, não isoladamente.

Analisando o ambiente sob o enfoque da Teoria dos Sistemas, Tricart (1977) parte do pressuposto de que na natureza as forças de energia e matéria se processam por meio de relações de equilíbrio dinâmico. Entretanto, este equilíbrio, é frequentemente alterado pelas intervenções antrópicas nos diversos componentes da natureza, gerando um estado de desequilíbrio temporário ou permanente. O autor define ainda que, os ambientes, quando estão em equilíbrio dinâmico são estáveis, e quando em desequilíbrio são instáveis.

Com base nesses pressupostos, esta pesquisa prima pelo estudo das interações entre os componentes do meio físico, com destaque para o relevo, solos, substrato rochoso e clima e dos fatores socioeconômicos. A análise da interrelação destes componentes visa fornecer subsídios ao melhor entendimento da dinâmica ambiental do objeto de estudo. Assim, algumas concepções teórico-metodológicas norteiam a presente pesquisa, apresentando uma análise integrada da paisagem, com base na análise sistêmica.

O diagnóstico ambiental torna-se um instrumento muito importante, onde são feitas a caracterização e análise da fragilidade do meio físico e sua capacidade de suportar as pressões exercidas pelas atividades antrópicas (MOREIRA, 1998).

Segundo Cunha e Guerra (1996) “a degradação desenfreada dos recursos naturais renováveis nos dias de hoje, é um processo que deve ser analisado e contido com eficiência e rapidez. Neste sentido, uma metodologia para diagnóstico da situação real em que se encontram esses recursos em dado espaço geográfico, passa a ser um instrumento necessário em um trabalho de planejamento e preservação ambiental”.

Santos (2004), diz que o planejamento ambiental fundamenta-se na interação e integração dos sistemas que compõem o ambiente. Tem o papel de estabelecer as relações entre os sistemas ecológicos e os processos da sociedade, das necessidades socioculturais a atividades e interesses econômicos, a fim de manter a máxima integridade possível dos seus elementos componentes.

Nesta perspectiva, para o tema do recorte aqui exposto, torna-se também importante a análise da forma, da rede de drenagem e das características do relevo da bacia, pois possibilitam uma maior compreensão dos fenômenos e da dinâmica ambiental presentes na área.

Christofolletti (1981) e Charlton (2008) salientam que a bacia hidrográfica é a unidade básica do sistema fluvial. Sistemas fluviais são sistemas abertos, meios pelos quais são trocados energia e materiais com o ambiente circunvizinho. Em sistemas fechados, só energia é trocada com o ambiente circunvizinho. As principais contribuições ao sistema são água e sedimento derivados das avarias das rochas subjacentes. Contribuições adicionais incluem material biológico e solutos derivados de contribuições atmosféricas, rochas que resistem e a decomposição de material orgânico. Água e sedimentos movem-se pelo sistema para a saída de bacia fluvial onde este material é descarregado ao oceano. Desta forma, o sistema fluvial pode ser representado de forma simplificada (figura 5).

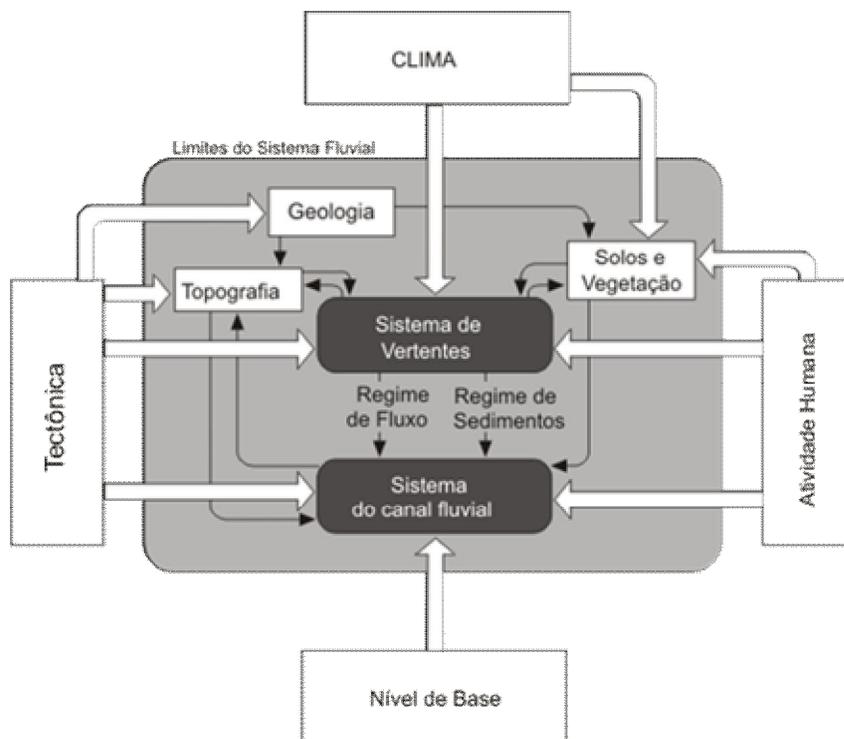


Figura 5- Representação simplificada do sistema fluvial, conforme Charlton (2008)

A bacia hidrográfica caracteriza-se por ser uma unidade territorial de suma importância para a análise da paisagem, com efeito, sua dinâmica comanda os fluxos hídricos a partir do escoamento superficial e do escoamento em canais, drenando sedimentos (carga de fundo e em suspensão) para uma saída comum.

De acordo com Tucci (1997), “ as características morfológicas de uma bacia de drenagem são importantes, à medida que determinam a maior ou menor rapidez e intensidade com que são sentidos os efeitos das precipitações. A análise dessas características permite avaliar o seu grau de energia e sua suscetibilidade à ocorrência de processos erosivos e deposicionais. Permite, também, inferir a intensidade de denudação e amplitude do soerguimento, bem como contribuir para avaliar as possibilidades de urbanização, o tipo e características do sistema viário”.

O papel hidrológico da bacia hidrográfica seria o de transformar uma entrada de volume concentrada no tempo (precipitação) em uma saída de água (escoamento) de forma mais distribuída no tempo. Esse papel hidrológico vai ser grandemente influenciado pelas características físicas das bacias que compreendem a sua área de drenagem, forma, sistema de drenagem e características do relevo (SILVEIRA, 1997).

Christofolletti (1969) escreve sobre a análise morfométrica de bacias hidrográficas, ressaltando que o estudo de aspectos relacionados à drenagem, relevo e substrato rochoso pode levar à compreensão de diversas questões associadas à dinâmica ambiental local. A análise morfométrica da rede de drenagem por meio de sua representação longitudinal pode ser uma ferramenta muito importante quando aliada a estudos geomorfológicos por atentar à compreensão dos condicionantes que equilibram ou desequilibram o sistema fluvial.

De acordo com Knighton (1998) a análise do perfil longitudinal consiste num método simples e eficaz, que basicamente utiliza-se de dados de altitude e extensão do canal, para a geração de uma curva de ajustamento logarítmico côncavo ascendente, onde se verificam maiores declividades nas nascentes e menores em direção à foz, sendo a representação gráfica característica de rios em estado de equilíbrio.

Neste sentido, Hack (1973) elaborou uma proposta de análise chamada de índice RDE (Relação Declividade vs Extensão) também designada de *Stream-Gradient Index* ou simplesmente índice SL, relação *Slope vs Length* (declive da drenagem ou de um determinado trecho desta vs extensão da drenagem ou de um trecho específico). Aplicando esse índice para estudos referentes à Neotectônica em vários contextos geológicos. Ele propôs este índice como um elemento bastante prático para a determinação de “anomalias” significativas na concavidade natural do perfil longitudinal, o que possibilitou a normalização dos valores de gradiente e a identificação de anomalias de drenagem em cada trecho de seu curso.

Segundo Cunha, (1996) o perfil longitudinal de um rio sofre contínuas alterações, devido às variações no escoamento e na carga sólida, o que acarreta muitas irregularidades no seu leito como as corredeiras e as depressões. Ao longo do canal, o rio tenta eliminar essas irregularidades, na tentativa de adquirir um perfil longitudinal côncavo e liso, com declividade suficiente para transportar a sua carga. Outros fatores influenciam no perfil longitudinal tais como a confluência de tributários, as variações na resistência à erosão do substrato rochoso, a erosão remontante por mudança brusca em nível de base à jusante ou ainda as deformações neotectônicas locais ou na bacia de drenagem (Acklas Jr. Et Al., 2003).

Para a produção de material cartográfico, na área de mapeamento há uma gama muito grande de metodologias discutidas e aplicadas nos mais diversos países, muitas destas não podem ser aplicadas a países de clima tropical como no caso do Brasil, mas, podem ser adaptadas aos mesmos.

Em relação ao diagnóstico dinâmico em bacias hidrográficas, Cunha e Guerra (1996) afirmam que os desequilíbrios ambientais muitas vezes são originados de um conjunto de elementos que compõe a paisagem. A bacia hidrográfica é a unidade integradora desses

fatores (naturais e sociais), portanto deve ser administrada no sentido de minimizar os impactos ambientais, pois nessa ótica, é possível acompanhar as mudanças introduzidas pelo homem e as respostas da natureza.

Desta forma, Kawakubo et al (2005), afirmam que o mapa de fragilidade ambiental constitui-se numa das principais ferramentas utilizadas pelos órgãos públicos na elaboração do planejamento territorial ambiental. O mapeamento da fragilidade ambiental permite avaliar as potencialidades do meio ambiente de forma integrada, compatibilizando suas características naturais com suas restrições.

Nóbrega et al (1992) realizaram estudos sobre a Formação Caiuá no município de Umuarama-PR a partir da proposta metodológica das Zonas Expostas aos Riscos de Movimentação dos Solos (ZERMOS), desenvolvida na França, buscando informar quanto à existência de riscos naturais, conhecidos ou previsíveis, para as construções e outros modos de ocupação do solo, estabelecendo cinco zonas de risco hierarquizadas de acordo com o comprometimento de sua estabilidade. A representação dos riscos (movimentos de massa, erosão, etc) se dá por intermédio de uma escala de cores. O verde é para áreas sem problemas; laranja, indica a potencialidade, mas sem precisar o nível, ou seja, a natureza e a amplitude do risco; vermelho, indica áreas instáveis com chances reais de risco e, a cor negra é usada para situações que traduzem a dinâmica da instabilidade observada. A análise da vulnerabilidade dos terrenos é feita por meio de levantamentos dos fatores naturais permanentes (litologia, estrutura, drenagem) e dos temporais, sendo o trabalho dividido em três fases:

- 1º- Levantamento bibliográfico sobre a existência ou não de movimentos do terreno;
- 2º- Estudos geomorfológicos executado por fotointerpretação;
- 3º- O estudo e o controle, dos principais fatores que afetam a estabilidade.

Segundo Nóbrega, et al, (op cit) “a metodologia cartográfica deve ser capaz de refletir a dinâmica da paisagem e, também atender os objetivos do projeto. As cartas elaboradas devem ser de fácil compreensão pela comunidade”. Assim, os problemas relacionados à forma de apropriação humana dos recursos naturais, em especial o uso da terra, constituem temáticas que necessitam de representação cartográfica acerca das variáveis de análise referentes aos mais deferentes temas.

De acordo com Ross (1994) “os estudos integrados de um determinado território pressupõem o entendimento da dinâmica de funcionamento do ambiente natural com ou sem a intervenção das ações humanas. 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 sócioeconômico, visando buscar a integração das

diversas disciplinas científicas, por meio de uma síntese do conhecimento acerca da realidade pesquisada”.

A identificação dos ambientes naturais e suas fragilidades potenciais e emergentes proporcionam uma melhor definição das diretrizes e ações a serem implementadas no espaço físico territorial, servindo de base para o zoneamento e fornecendo subsídios à gestão do território (ROSS, 2004).

Uma grande contribuição para os estudos geomorfológicos e de fragilidade dos ambientes naturais foi dada por Ross (1992), com a descrição do registro cartográfico e a questão taxonômica do relevo, salientando as diferentes proporções das formas dos terrenos, suas explicações genéticas, e, sua interrelação e interdependência com os demais componentes da natureza (substrato rochoso, cobertura pedológica, clima, hidrografia e vegetação).

Desta forma, a superfície terrestre seria composta por formas de relevo de diferentes táxons, possuindo diferentes idades e dinâmicas. Na tabela 2, verifica-se a divisão taxonômica do relevo proposta por Ross (1992), que se constitui em seis taxons:

Tabela 2 – Taxonomia das formas de relevo

Taxons	Exemplos de formas de relevo
Unidade Morfoestrutural	Bacias sedimentares
Unidade Morfoescultural	Planaltos em patamar, planaltos e chapadas e cimeiras, depressões periféricas
Unidade morfológica ou de padrão de formas semelhantes	Padrão em colinas, padrão em formas tabulares, padrão em morros
Tipos mais específicos de formas de relevo	Colinas, formas tabulares, formas de morros, cristas
Tipos de vertente	Convexas, côncavas, retilíneas
Formas provenientes de processos atuais	Voçorocas, ravinas, cicatrizes de deslizamentos

Fonte- Ross (1992)

Reis Nakashima (1999), aplicou a proposta taxonômica do relevo ao elaborar a carta geomorfológica da bacia hidrográfica do rio Keller no Norte do Paraná, esta que serviu como subsídio para a identificação de unidades de fragilidade ambiental da bacia, tendo como resultado a elaboração de uma carta síntese (fragilidade ambiental). Foram utilizadas fotografias aéreas na escala 1:25.000 e imagens do satélite TM-Landsat, para a elaboração da

carta de uso do solo e dos processos erosivos do vale. Desse modo foram identificadas as grandes formas de relevo e detectados os processos erosivos que afetaram a área, relacionando-os ao uso do solo.

Ross (1994) também elaborou uma proposta para a análise empírica da fragilidade para ambientes naturais e antropizados, no intuito de avaliar de forma integrada os componentes do estrato geográfico (solos, relevo, rochas, clima, flora, fauna, entre outros), fixada no princípio de funcionalidade intrínseca dos componentes físicos e bióticos da natureza, tendo como base o conceito de Unidade Ecodinâmica preconizada por Tricart (1977). Dentro desta concepção o ambiente é analisado sob o prisma da Teoria dos Sistemas.

Para a elaboração da carta de fragilidade, são utilizados produtos cartográficos intermediários (carta pedológica, geomorfológica, de declividade e de cobertura vegetal segundo graus de proteção), a partir da análise destes produtos é sugerida a construção de pranchas planimétricas que indiquem a hierarquia das classes de erodibilidade dos solos. Estas pranchas permitem a correlação de todos os dados, tendo como resultado um produto final que classifica as unidades ecodinâmicas estáveis e instáveis, distinguindo os graus de instabilidade potencial e emergente. Uma área tem instabilidade emergente quando as atividades humanas desestabilizaram o equilíbrio dinâmico, onde a cobertura vegetal natural foi substituída por pastagens, agricultura, entre outros. No entanto, para a determinação da instabilidade potencial são considerados apenas aspectos naturais.

Santos et al (2007) realizaram o Mapeamento da Vulnerabilidade Geoambiental do Estado do Paraná fundamentados na metodologia da fragilidade empírica dos ambientes proposta por Ross (1994), levando em consideração as variáveis: geologia, geomorfologia e pedologia, considerando-se três classes: baixa, moderada e alta, aplicadas à cinquenta unidades geomorfológicas definidas para a área de estudo. As classes de vulnerabilidade foram associadas aos processos geoambientais: erosão, movimentos de massa, quedas de blocos, subsidência, recalques e colapsos de solo, inundações periódicas e contaminação das águas subterrâneas. Os dados espaciais foram integrados por meio da utilização de Geoprocessamento para a identificação de problemas quanto à aptidão e uso do solo para cada unidade.

Crepani et al. (1996) desenvolveram uma metodologia para elaboração de mapas de vulnerabilidade Natural à Erosão, com o objetivo de apoiar o Zoneamento Ecológico-Econômico da Amazônia apoiado no conceito de Ecodinâmica (TRICART, 1977). Esta metodologia consiste primeiramente na elaboração de um mapa de unidades Homogêneas de Paisagem, ou Unidades Territoriais Básicas (UTB's), obtido através da análise e interpretação

de imagem TM-LANDSAT. O segundo passo é associar a este mapa preliminar, as informações temáticas pré-existentes.

A estabilidade ou vulnerabilidade, a resistência ao processo natural de erosão das unidades de paisagem natural é definida pela análise integrada do conjunto rocha, solo, relevo, vegetação e clima. Seguindo esta proposta, cada um destes temas recebe uma pontuação de fragilidade variando de 1 a 3. Desta forma as unidades mais estáveis apresentarão valores mais próximos de 1,0, as intermediárias ao redor de 2,0 e as unidades de paisagem mais vulneráveis estarão próximas de 3,0.

Como resultado final é apresentado a vulnerabilidade de cada unidade ambiental em função das informações provenientes de cada tema avaliado: substrato rochoso, relevo, vegetação, solos e clima. Sendo assim, cada unidade territorial básica recebe um valor final resultante da média aritmética dos valores individuais segundo uma equação empírica, que busca representar a posição desta unidade dentro da escala de vulnerabilidade natural à perda de solo:

$$\text{VULNERABILIDADE} = \frac{(G+R+S+V+C)}{5}$$

Onde:

G = vulnerabilidade para o tema geologia

R = vulnerabilidade para o tema geomorfologia

S = vulnerabilidade para o tema solos

V = vulnerabilidade para o tema vegetação

C = vulnerabilidade para o tema clima

Dentro desta escala de vulnerabilidade as unidades territoriais básicas são classificadas conforme o quadro a seguir:

Grau de fragilidade	Intervalo de classe
Muito baixa	1,0 – 1,4
Baixa	1,4 - 1,8
Média	1,8 – 2,2
Forte	2,2 – 2,6
Muito forte	2,6 – 3,0

Quadro 3- Classes de vulnerabilidade
Fonte: adaptado de Crepani et al. (1996)

Spörl e Ross (2004) realizaram uma análise comparativa da fragilidade ambiental com aplicação de três modelos, com o intuito de confrontar o modelo proposto por Crepani et al (1996) a dois outros propostos por Ross (1994). Para a aplicação dos três modelos foi escolhida uma área na divisa dos estados de São Paulo e Minas Gerais e teve como resultado a elaboração de três cartas síntese de fragilidade, as quais foram confrontados e avaliados os resultados apresentados por cada modelo.

O primeiro modelo proposto por Ross (op cit), apóia-se nos Índices de Dissecação do Relevo, cujas unidades de fragilidade são resultantes dos levantamentos de relevo, solos, cobertura vegetal/uso do solo e clima. Desta forma, as variáveis podem ser hierarquizadas em classes que vão de muito fraca (1) a muito forte (5).

O segundo modelo sugerido por Ross (op cit), baseia-se nas classes de declividade, os levantamentos básicos dos elementos físicos são os mesmos do modelo anterior, porém, os índices de dissecação do relevo não são utilizados com suporte para a construção da carta-síntese de fragilidade, mas sim, as classes de declividade que vão de muito fraca (<6%) a muito forte (>30%).

A classificação das variáveis, declividade, solos, cobertura vegetal e pluviosidade compõem uma combinação numérica formada por quatro dígitos. Neste modelo, o 1º dígito da combinação entre as variáveis irá sempre determinar o grau de fragilidade da área.

Após a comparação dos três modelos não foi possível apontar qual o melhor, pois não foi estabelecida uma comparação dos modelos empíricos com a realidade de campo, para melhor avaliação dos três modelos de análise da fragilidade ambiental faz-se necessário correlacionar os problemas de erosão, deslizamentos e perda de qualidade das águas de superfície.

7. MÉTODOS E TÉCNICAS

7.1 Etapas de realização do trabalho

As etapas da pesquisa, bem como as principais metodologias aplicadas, estão representadas de forma sintética no fluxograma das etapas de realização, que serviu de orientação para o desenvolvimento da dissertação (Figura 6).

A realização desta dissertação teve como base a aquisição, sistematização, correlação e interpretação dos dados que consistiram em:

- a) Levantamento bibliográfico: foram levantadas todas as informações referentes a trabalhos produzidos sobre a área de estudo e a região, assim como sobre a temática que pudessem contribuir para a pesquisa;
- b) Análise laboratorial: elaboração da base cartográfica;
- c) Levantamentos de campo: nesta etapa foram feitos o reconhecimento da área de estudo, levantamento de solos, uso do solo e dos processos morfodinâmicos atuais;
- d) Análise, correlação e interpretação dos dados, além da discussão dos resultados.

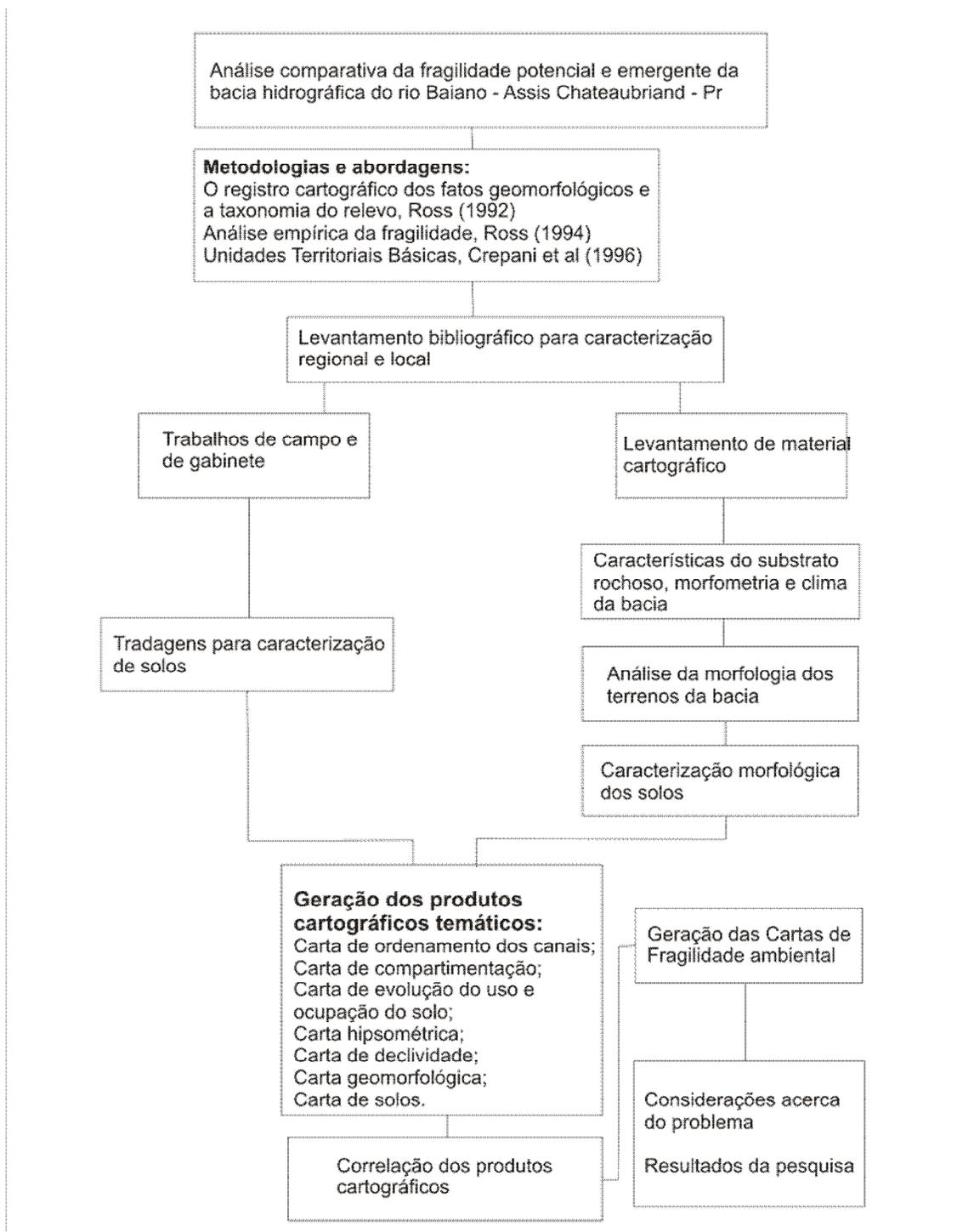


Figura 6- Fluxograma com as etapas de realização da pesquisa

7.1.1 Geomorfologia

O cálculo dos índices referentes à forma, rede de drenagem e relevo foram baseados nos conceitos de Hack (1973), Vilella e Matos (1975), Christofolletti (1980), Ross (1994) e Granell-Perez (2001). O perfil longitudinal do rio Baiano foi elaborado por meio da análise da carta topográfica de Assis Chateaubriand (MI 2800-4) e Iporã (MI 2800-2) na escala 1:50.000, os dados levantados foram representados na forma de gráfico por meio do programa *Microsoft EXCEL* e editados no programa *Corel Draw 13*.

O RDE (Relação Declividade vs Extensão) do rio Baiano foi calculado por trecho e em sua totalidade por meio das equações propostas por Hack (1973):

$$\text{RDE trecho} = \frac{\text{DH}}{\text{DL}} \times \text{L} \quad (\text{Eq. 1})$$

$$\text{RDE total} = \frac{\text{DH}}{\text{Log n}} \quad (\text{Eq. 2})$$

Onde:

DH é a diferença altimétrica entre dois pontos selecionados do curso d'água, DL é o comprimento do trecho analisado, L corresponde à extensão acumulada do rio até o ponto médio do trecho onde o índice RDE está sendo calculado e Log n é o logaritmo natural do canal.

Nesse estudo foi considerado que os valores de RDE de cada trecho (razão entre RDE trecho/ RDE total) entre os limiares 2 a 10 são anomalias de 2ª ordem e valores de RDE acima de 10 são anomalias de 1ª ordem, como sugerido por Etchebehere (2000).

A sinuosidade do curso d'água (Sin) foi determinada pela relação: $\text{Sin} = \text{L}/\text{Ev}$. Onde L = Comprimento do canal principal e Ev = equivalente vetorial

A densidade de drenagem (Dd) da bacia hidrográfica do rio Baiano foi calculada com base na relação entre o comprimento total dos canais de escoamento e a área total. Essa relação pode ser definida pela expressão: $\text{Dd} = \text{L}/\text{A}$

Onde:

Dd = densidade da drenagem;

L = comprimento total dos canais;

A = área da bacia.

- O coeficiente de manutenção (C_m) da bacia hidrográfica do rio Baiano é uma estimativa quanto a área necessária para manter um metro de canal ativo e pode ser calculado pela expressão: $C_m = 1/D_d \cdot 1000$

Na qual:

C_m = o coeficiente de manutenção;

D_d = a densidade de drenagem, expresso em metros.

- A densidade hidrográfica (D_r) foi calculada com base na relação entre a densidade de rios, o número total de rios ou cursos de água e a área da bacia considerada. Essa relação pode ser definida pela expressão: $D_r = N/A$

Onde:

D_r = densidade de rios;

N = número total de rios;

A = área da bacia.

- A extensão média do percurso superficial (E_{ps}) foi calculada com base na densidade de drenagem, podendo ser definida pela expressão: $E_{ps} = 1/2D_d$

Onde:

E_{ps} = extensão do percurso superficial;

D_d = densidade de drenagem.

7.1.2 Curva hipsométrica

Para a elaboração da curva hipsométrica foram realizadas medidas de área das classes de altitude, extraídas das curvas de nível no *software* Spring 4.3.3. Posteriormente os dados foram tratados no *Microsoft Excel* 2003, após gerado o gráfico de dispersão, passou-se à edição no *software* Corel Draw 13.

7.1.3 Curva de distribuição de declividade

A curva da distribuição de declividade foi construída a partir do cálculo da área, compreendida por cada classe de declividade (%) no *software* Spring 4.3.3., logo após foi realizada a conversão da área (km² em %), os dados foram tratados no *Microsoft Excel* 2003, em seguida foi realizada a edição no *software Corel Draw* 13.

7.1.4 Perfis transversais

Os perfis foram traçados mediante a utilização de dados de elevação adquiridos pelo projeto *Shuttle Radar Topography Mission version 2003* (NASA-SRTM, 2009), coletados entre 11 e 22 de fevereiro de 2000, pelo equipamento *C/X-Band Synthetic Aperture Radar*, acoplado à nave *Endeavour*, sendo convertidos em altitude. A resolução original no terreno é de 90m x 90m, porém os dados foram reamostrados para resolução de 30m x 30m por meio de um método geoestatístico denominado de *krigagem*, a seguir os perfis foram redesenhados no *software Corel Draw* 13.

Para maior conhecimento do relevo da bacia do rio Baiano, também foram analisados os índices de dissecação dos perfis transversais, estabelecidos utilizando a matriz dos índices de dissecação do relevo proposta por Ross (1994) expressa no quadro 4.

Densidade de Drenagem ou Dimensão Interfluvial Média (classes) ////////// Graus de Entalhamento dos Vales (classes)	Muito Baixa (1) >3750m	Baixa (2) 1750 a 3750m	Média (3) 750 a 1750 m	Alta (4) 250 a 750 m	Muito Alta (5) <250 m
Muito Fraco (1) (< de 20 m)	11	12	13	14	15
Fraco (2) (20 a 40m)	21	22	23	24	25
Médio (3) (40 a 80m)	31	32	33	34	35
Forte (4) (80 a 160m)	41	42	43	44	45
Muito Forte (5) (> 160m)	51	52	53	54	55

Quadro 4 - Matriz dos índices de dissecação do relevo, adaptado de Ross, (1994)

7.1.5 Carta base

A base cartográfica da área de estudo foi digitalizada a partir das folhas topográficas de Iporã (MI 2800-2), Assis Chateaubriand (MI 2800-4) e Formosa do Oeste (MI 2801-3) na escala 1:50.000, editada pelo Serviço Geográfico do Ministério do Exército com base na cobertura aerofotogramétrica de 1994, disponibilizadas pelo Instituto de Terras, Cartografia e Geodésia (ITCG) através do site <http://www.itcg.pr.gov.br/modules/conteudo/conteudo.php?conteudo=51>. Tal procedimento foi realizado por meio da utilização da ferramenta (edição vetorial) do *software* Spring 4.3.3, desenvolvido pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), um Sistema de Informações Geográficas (SIG). Para a representação da malha urbana e das estradas principais, foi utilizada uma base digitalizada, fornecida pela prefeitura municipal de Assis Chateaubriand com escala 1:50.000, referente a um estudo realizado pela MINEROPAR, (2006). Posteriormente os dados foram editados no *software* Corel Draw 13. Este produto cartográfico consiste em um importante suporte para a construção das cartas temáticas e escolha de áreas para ensaios e coletas de campo.

7.1.6 Carta de Compartimentação da Bacia

Essa carta foi elaborada para que a análise dos elementos da bacia fosse efetuada de maneira mais ordenada. A área foi compartimentada por meio da distribuição dos tipos de solo da bacia, das cotas altimétricas e das classes de declividade, foi considerado o perfil longitudinal do canal principal, tendo como limites para cada unidade de paisagem, as rupturas de declive do canal. Esse produto cartográfico foi digitalizado no *software* Spring 4.3.3 e editado no *software* Corel Draw 13.

7.1.7 Carta de evolução do uso e ocupação do solo (1985, 1996 e 2009)

Para a elaboração desta carta foram utilizadas três imagens orbitais do satélite Landsat 5 (sensor TM, datadas de 14/07/1985, 10/06/1996 e 30/08/2008), possuindo resolução espacial de 30 metros, adquiridas junto ao Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) através do site <<http://www.dgi.inpe.br>>. Utilizou-se ainda parte do mosaico Landsat 5 disponibilizado pela NASA (<http://zulu.ssc.nasa.gov/mrsid>) como base para a correção

geométrica das imagens, ou seja, ajustes necessários para garantir o mesmo posicionamento dos objetos no espaço conforme a projeção e o *datum*. A partir de então, procedeu-se à delimitação das classes de uso e ocupação do solo.

Para o mapeamento temático das imagens orbitais foram escolhidas cinco grandes classes: a cultura temporária, os fragmentos de floresta, a pastagem, área urbana e os corpos d'água. A divisão dessas classes obedeceu à escala de trabalho permitida pela resolução espacial das imagens orbitais estudadas. Os temas escolhidos para a análise foram:

- 1- Área urbana – foi considerada parte da malha urbana de Assis Chateaubriand.
- 2- Cultura temporária - esta classe abriga os espaços destinados à agricultura e com a presença de solo exposto.
- 3- Floresta - considerou-se a mata de grande porte e densa, como exemplo de amostra o Parque São Francisco de Assis.
- 4- Pastagem – presença de pequenas áreas destinadas à criação de gado.
- 5- Corpo d'água - presença de água, lagos e represas.

As operações referentes ao Geoprocessamento das imagens foram realizadas no *software* Spring 4.3.3. Dadas as dimensões da área e os erros na classificação das imagens, foi adotado para a delimitação das classes temáticas o módulo de edição vetorial, por atentar à maior coerência na espacialização dos elementos. Posteriormente os dados foram editados no *software* Corel Draw 13. Também foram realizadas observações de campo, para verificação das formas de uso e ocupação do solo recentes.

7.1.8 Carta hipsométrica

Para a elaboração da carta hipsométrica, as altitudes foram divididas em 09 classes, com intervalos de 20 metros, expressas por cores que variam do verde claro ao marrom escuro, fornecendo dados para uma compartimentação da bacia em termos de altitude e sua representatividade, tendo como cota mínima a elevação de 260 metros e cota máxima 440 metros de altitude. Os dados foram tratados no *software* Spring 4.3.3 e editados no *software* corel Draw 13.

7.1.9 Carta de declividade

A carta de declividade foi elaborada a partir da interpolação das curvas de nível com equidistância de 20 metros digitalizadas das Cartas topográficas de Iporã (MI 2800-2), Assis Chateaubriand (MI 2800-4) e Formosa do Oeste (MI 2801-3) na escala 1:50.000, editada pelo Serviço Geográfico do Ministério do Exército.

As classes de declividade adotadas para a elaboração deste produto cartográfico tiveram como base as classes propostas por Ross (1994). Esse autor diz que, para a análise da fragilidade dos ambientes em escalas de detalhe devem-se utilizar os intervalos de classe já consagrados nos estudos de capacidade de Uso/Aptidão Agrícola associados com aqueles conhecidos como valores limites críticos da Geotecnia, indicativos respectivamente do vigor dos processos erosivos, dos riscos de escorregamentos/deslizamentos e inundações frequentes. Deste modo estas classes são: <3%, 3-6%, 6-12%, 12-20%, 20-30%, 30-50% e >50%.

Sendo as classes de declividade de até 6% muito baixas, Ross (op. cit) organizou essas classes em 5 categorias hierárquicas da seguinte forma:

Muito Forte acima de 30%.

Forte de 20 – 30%;

Média de 12 – 20%;

Fraca de 6 – 12%;

Muito Fraca até 6%;

7.1.10 Carta Geomorfológica

A carta geomorfológica teve como base o Mapa Geomorfológico do município de Assis Chateaubriand/PR, com escala 1:50.000 (MINEROPAR, 2006), elaborado a partir de fotointerpretação e correlação com outros produtos cartográficos como a carta topográfica. Para a adaptação da Carta Morfológica, adotou-se a metodologia proposta por Ross (1996), utilizada no Projeto Radambrasil. Para este trabalho foi considerado apenas o 5º nível taxionômico, onde é apresentada a classificação do relevo quanto as formas, distribuídas nos diversos setores das vertentes (Figura 7). Foram realizadas observações de campo para confirmação da morfologia do terreno da área de estudo.

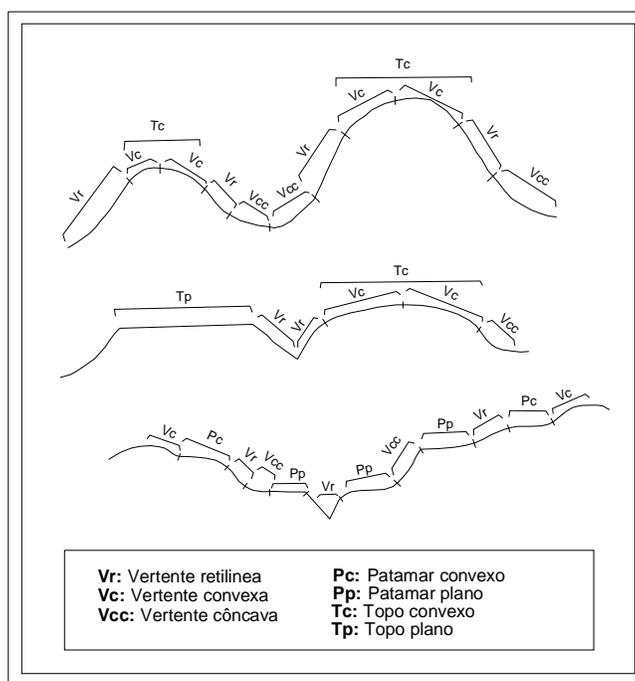


Figura 7- Classificação das diferentes formas de relevo, segundo Ross (1996)

7.1.11 Carta de solos

Esta carta foi elaborada com base na descrição morfológica dos solos nos pontos de coleta dos trabalhos de campo. A nomenclatura dos solos foi baseada no Manual de Classificação de Solos da EMBRAPA (2006). Após a delimitação dos tipos de solo no campo, seguiram-se os trabalhos de gabinete, onde os pontos coletados foram plotados no *software* SPRING 4.3.3 para a criação das classes temáticas e posteriormente a sua vetorização.

7.1.12 Carta de classes de fragilidade ambiental com base na proposta de Crepani et al (1996)

Esse produto foi elaborado com base na metodologia proposta por Crepani et al. (1996), a partir dos temas geologia, solos, declividade e cobertura vegetal/uso do solo, além da caracterização climática da área. Também foram realizados reconhecimentos de campo.

As variáveis espaciais para a determinação das áreas de fragilidade ambiental, foram classificadas em cinco categorias hierárquicas para a produção final da carta síntese: muito fraca, fraca, média, forte e muito forte. (Tabela 3).

Tabela 3 – Graus de Vulnerabilidade/estabilidade

Grau de fragilidade	Intervalo de classe	Cor da classe
Muito baixa	1,0 – 1,4	Verde
Baixa	1,4 - 1,8	Amarelo
Média	1,8 – 2,2	Laranja
Forte	2,2 – 2,6	Vermelho
Muito forte	2,6 – 3,0	Marrom

Fonte – Crepani et al (2001)

Para o tema declividade do terreno, utilizaram-se os intervalos de classe e os valores de vulnerabilidade propostos por Crepani et al (2001) tabela 4.

Tabela 4 – Escala de vulnerabilidade para as classes de declividade

Classes Morfométricas	Declividade (%)	Valores de Vulnerabilidade
Muito baixa	< 2	1,0
Baixa	2 - 6	1,5
Média	6 - 20	2,0
Alta	20 - 50	2,5
Muito alta	> 50	3,0

Fonte – Crepani et al. (2001)

Para o tema substrato rochoso (Quadro 5), foram analisados a resistência da rocha à erosão e o grau de coesão destas rochas. Sendo assim, Crepani et al. (2001) atribuem valores próximos de (1,0) para rochas que apresentam maior grau de coesão, valores intermediários (ao redor de 2,0) para as rochas que apresentam valores intermediários em seu grau de coesão, e valores próximos à vulnerabilidade (3,0) para as rochas que apresentam os menores valores no seu grau de coesão.

Tipo de Rocha	Litologia	Vulnerabilidade
Ígneas	Basalto	1,5

Quadro 5 – Escala de vulnerabilidade da rocha

Fonte- Crepani et al. (2001)

O grau de vulnerabilidade dos tipos de solos (Tabela 5) foi determinado conforme sua resistência frente aos processos erosivos. Portanto, às unidades de paisagem onde ocorrem solos estáveis foram atribuídos valores próximos de (1,0), onde ocorrem solos intermediários,

valores de estabilidade (2,0), e onde ocorrem solos frágeis foram atribuídos valores próximos de (3,0).

Tabela 5 - Graus de vulnerabilidade/estabilidade dos solos.

Classes de Solo – EMBRAPA (2006)	Vulnerabilidade
Latossolos Vermelhos	1,0
Nitossolos Vermelhos	2,0
Cambissolos	2,5
Gleissolos	3,0
Material Coluvial	3,0

Fonte- Crepani et al. (2001)

Para o tema cobertura vegetal, foi considerado o grau de proteção exercido pela vegetação contra os processos erosivos e a compactação do solo, bem como o favorecimento à percolação de água para as camadas de subsuperfície. A densidade de cobertura vegetal da unidade de paisagem determina o grau de proteção do solo da unidade. Ou seja, valores próximos de (1,0) indicam estabilidade, valores intermediários (ao redor de 2,0), ou se apresenta baixo grau de proteção apresenta valores próximos de (3,0). Por se tratar de uma área ocupada por atividades econômicas, ao tema cobertura vegetal agrupou-se também o uso do solo. Na tabela 6 estão descritos os tipos de formação vegetal e seus respectivos graus de proteção aos solos.

Tabela 6 - Graus de proteção exercidos pela vegetação

Tipos de cobertura vegetal/uso do solo	Valores de Vulnerabilidade
Floresta	1,0
Pastagens	2,8
Agricultura de ciclo curto	3,0

Fonte- Adaptado de Crepani et al. (2001)

Para a variável clima (Quadro 6), foram analisadas as informações referentes à pluviosidade anual e à duração do período chuvoso, conforme preconizado na metodologia, faz-se uma quantificação empírica do grau de risco a que está submetida uma unidade de paisagem. Assim, de acordo com Spörl, (2001) o valor da intensidade pluviométrica para uma determinada área pode ser obtido dividindo-se o valor da pluviosidade média anual (em mm)

pela duração do período chuvoso (em meses). Logo, quanto maior o valor da intensidade pluviométrica, maior é a erosividade da chuva.

Intensidade pluviométrica (mm/mês)	Vulnerabilidade	Intensidade pluviométrica (mm/mês)	Vulnerabilidade	Intensidade pluviométrica (mm/mês)	Vulnerabilidade
< 50	1,0	200 - 225	1,7	375 – 400	2,4
50 - 75	1,1	225 - 250	1,8	400 – 425	2,5
75 - 100	1,2	250 - 275	1,9	425 – 450	2,6
100 - 125	1,3	275 - 300	2,0	450 – 475	2,7
125 - 150	1,4	300 - 325	2,1	475 – 500	2,8
150 – 175	1,5	325 - 350	2,2	500 – 525	2,9
175 - 200	1,6	350 - 375	2,3	> 525	30

Quadro 6 – Escala de erosividade da chuva
Fonte: Adaptado com base em Crepani et al. (2001)

Observando a distribuição linear dos valores contidos entre os intervalos possíveis de intensidade pluviométrica para as diversas regiões do país, foi obtido para a bacia do rio Baiano o valor de 161,1mm/mês, caracterizando-se assim uma área de fragilidade média quanto ao fator clima.

Os procedimentos técnico-operacionais seguiram duas etapas. A primeira de elaboração dos mapas temáticos básicos foi realizada no *software* Spring 4.3.3, a seguir os dados foram exportados como representação vetorial para o *software* Arc Gis 9.2. Na segunda etapa, seguiu-se a integração das variáveis no *software* Arc Gis 9.2 no módulo *Spatial Analyst*, onde os dados vetoriais foram convertidos em *raster*, a seguir cada variável recebeu valores conforme seu grau de fragilidade. O mapa síntese resultou da expressão:

([Rocha]+[Declividade]+[Clima]+[Solos]+[Grau de proteção da cobertura do solo])

5

7.1.13 Carta de classes de fragilidade ambiental com base na proposta de Ross (1994)

Segundo a metodologia proposta por Ross (1994), para a elaboração da carta de fragilidade ambiental devem ser realizados levantamentos de relevo, aqui expresso pela declividade, solos, cobertura vegetal/uso do solo e clima que corresponde a intensidade

pluviométrica. O modelo propõe que cada variável seja hierarquizada em cinco classes de acordo com sua vulnerabilidade. Desta forma, as variáveis mais estáveis apresentarão valores próximos de 1, as intermediárias ao redor de 3 e as mais vulneráveis, próximas de 5.

Para a elaboração desta carta foi considerada a correlação entre quatro variáveis:

Classes de declividade – categoria hierárquicas de muito fraca (1) a forte (4);

Solos – categorias hierárquicas de muito fraca (1) a muito forte (5);

Cobertura vegetal – índice de proteção muito alto (1) a baixo (4);

Pluviosidade – categoria hierárquica baixa (2).

A classificação da fragilidade ambiental gera um código de quatro algarismos, onde o primeiro (declividade) é o responsável pela determinação do grau de fragilidade, as demais variáveis definem uma hierarquização através de seus coeficientes de fragilidade.

As variáveis espaciais para a determinação das áreas de fragilidade ambiental, são classificadas por Ross (1994), em cinco categorias hierárquicas (Quadro 7).

Grau de fragilidade	Intervalo de classe
Muito fraca	1
Fraca	2
Média	3
Forte	4
Muito Forte	5

Quadro 7 - Graus de Vulnerabilidade/estabilidade, conforme Ross (1994)

Dessa forma, conforme os temas selecionados quatro grandes categorias hierárquicas foram adotadas para a produção final da carta: muito fraca, fraca, média, forte.

Para cada tema selecionado utilizou-se a seguinte classificação conforme Ross (1994).

Para o tema declividade do terreno, utilizaram-se os seguintes intervalos de classe e os valores de vulnerabilidade (Quadro 8).

Valores de vulnerabilidade	Declividade (%)
1 - Muito baixa	Até 6%
2 - Baixa	6-12%
3 - Média	12-20%
4 - Forte	20-30%

Quadro 8 - Escala de vulnerabilidade para as classes de declividade, conforme Ross (1994)

Para a hierarquização da variável solo (Quadro 9) foram levados em consideração os tipos de solo encontrados na área de estudo. Assim, os tipos de solo são classificados conforme seu grau de fragilidade, de acordo com as características texturais, estruturais, plasticidade, grau de coesão das partículas e profundidade/espessura dos horizontes.

Classes de fragilidade	Tipos de solo
1 - Muito baixa	Latossolos Vermelhos de textura argilosa
2 - Baixa	Nitossolos Vermelhos de textura argilosa
3 - Média	Gleissolos, solos concrecionários
4 - Forte	Cambissolos
5 - Muito forte	Material coluvial

Quadro 9 – Classes de fragilidade dos solos, conforme Ross (1994)

Para a análise da proteção exercida pela cobertura vegetal/uso do solo foram estabelecidos graus de proteção baseados nos critérios propostos por Ross (1994) conforme apresentado no quadro 10.

Graus de proteção	Tipos de cobertura vegetal/uso do solo
1 - Muito alto	Mata
2 - Alto	Reflorestamento
3 - Médio	Pastagens e agricultura de ciclo longo
4 - Baixo	Agricultura de ciclo curto, como soja, milho e trigo

Quadro 10 – Graus de proteção do solo segundo a cobertura vegetal/uso do solo
Fonte: Ross (1994)

Para a variável clima (Quadro 11), nesta metodologia, foi analisada a distribuição e intensidade das chuvas ao longo do ano por serem fatores decisivos no processo de intemperismo das rochas e formação dos solos, sendo assim, fundamentais para a análise da fragilidade ambiental.

Níveis hierárquicos	Características Pluviométricas
1	Situação pluviométrica com distribuição regular ao longo do ano, com volumes anuais não muito superiores a 1000 mm/ano
2	Situação pluviométrica com distribuição regular ao longo do ano, com volumes anuais não muito superiores a 2000 mm/ano

3	Situação pluviométrica com distribuição anual desigual, com períodos secos entre 2 e 3 meses no inverno, e no verão com maiores intensidades de dezembro a março
4	Situação pluviométrica com distribuição anual desigual, com período seco entre 3 e 6 meses, e alta concentração das chuvas no verão entre novembro e abril quando ocorrem 70 a 80% do total das chuvas
5	Situação pluviométrica com distribuição regular, ou não, ao longo do ano, com grandes volumes anuais, ultrapassando 2500 mm/ano; ou ainda, comportamentos pluviométricos irregulares ao longo do ano, com episódios de chuvas de alta intensidade e volumes anuais baixos, geralmente abaixo de 900 mm/ano (semi-árido)

Quadro 11 - Níveis hierárquicos das variações pluviométricas
Fonte: Ross (1994)

7.1.14 Carta de classes de fragilidade ambiental adaptada da proposta de Ross (1994)

Da mesma forma do modelo anterior, nesta proposta a primeira variável também determina a fragilidade, porém, há a substituição em importância do tema declividade pelo tema cobertura vegetal/uso do solo, pois a área não se encontra em seu estado natural, mas sim quase integralmente ocupada por atividades econômicas, que, desta maneira assumem um papel de reguladoras do estado de estabilidade/instabilidade dinâmico.

Assim sendo, o procedimento técnico operacional utilizado para a obtenção deste produto cartográfico também é uma derivação dos procedimentos apresentados no modelo anterior. As variáveis declividade, solos e cobertura vegetal/uso do solo mantêm-se as mesmas. A classificação destas variáveis compõe uma combinação numérica formada por três dígitos, onde o primeiro é relacionado à cobertura vegetal/uso do solo, o segundo ao solo e o terceiro à declividade e podem ser visualizadas nos quadros 7,8 e 9.

8. RESULTADOS E DISCUSSÕES

8.1 Análise Pluviométrica da Bacia

A pluviosidade é um dos mais importantes elementos do clima, sendo assim, seu estudo se faz necessário em função da atuação das precipitações sobre uma determinada área. A ação mecânica exercida pelas chuvas sobre o solo é um fator importante a ser analisado pelo seu caráter de agente erosivo. Segundo Tomazoni (2002) as gotas de chuva, caindo na superfície do solo, desagregam as partículas do mesmo, removendo-as. Esse processo é mais intenso quanto menor a cobertura vegetal, maior a intensidade da chuva, maior o grau de declive e maior for à susceptibilidade do solo à erosão.

Na área deste estudo a indisponibilidade de dados referentes a outros elementos climáticos, como a temperatura, por exemplo, que pudessem caracterizar melhor a área, possibilitaram somente a análise do comportamento pluviométrico.

As análises do comportamento pluviométrico da bacia foram feitas com dados do período de 1998 a 2009, provenientes da leitura de um pluviômetro localizado no entreposto da C. Vale Cooperativa Agroindustrial. Há certa irregularidade nos índices pluviométricos anuais com média para período de 1933,2mm/ano (Figura 8). Sendo a precipitação mínima 1382mm e a máxima de 2478mm.

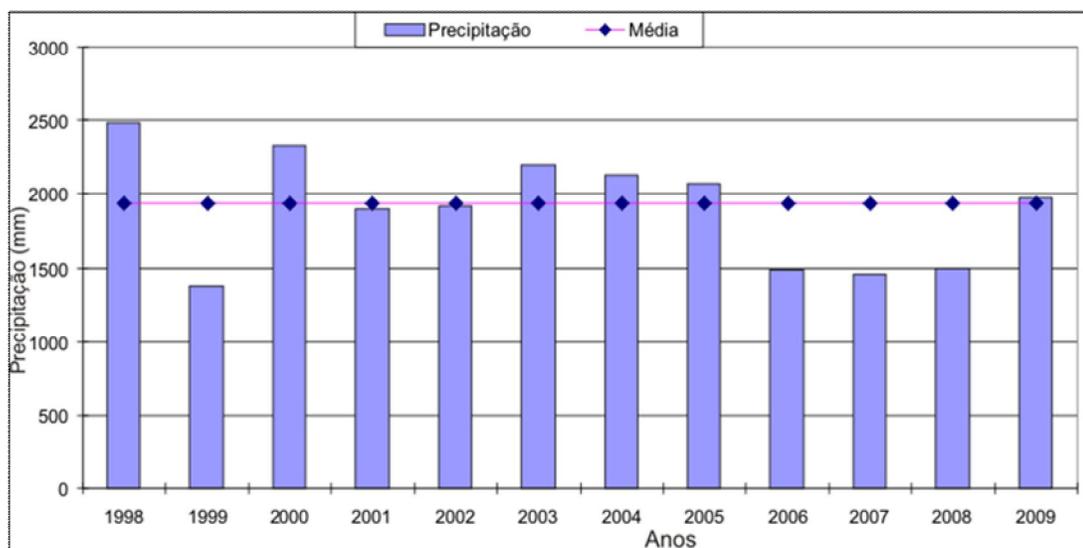


Figura 8- Distribuição pluviométrica anual para a bacia do rio Baiano (período de 1998 – 2009)

Na análise da precipitação média mensal (Figura 9), percebeu-se que a mesma se distribui de forma irregular durante o ano, desta forma, assume-se que as médias pluviométricas de janeiro de 1998 a dezembro de 2009 são mais elevadas nos meses de fevereiro, outubro, novembro e dezembro, variando em média de 188 a 233mm. Sendo o mês de outubro o mais chuvoso do ano. Os períodos mais secos ocorrem nos meses de março, junho e julho, com índices pluviométricos variando em média de 98 a 115mm, com o mês de julho sendo o mais seco do ano.

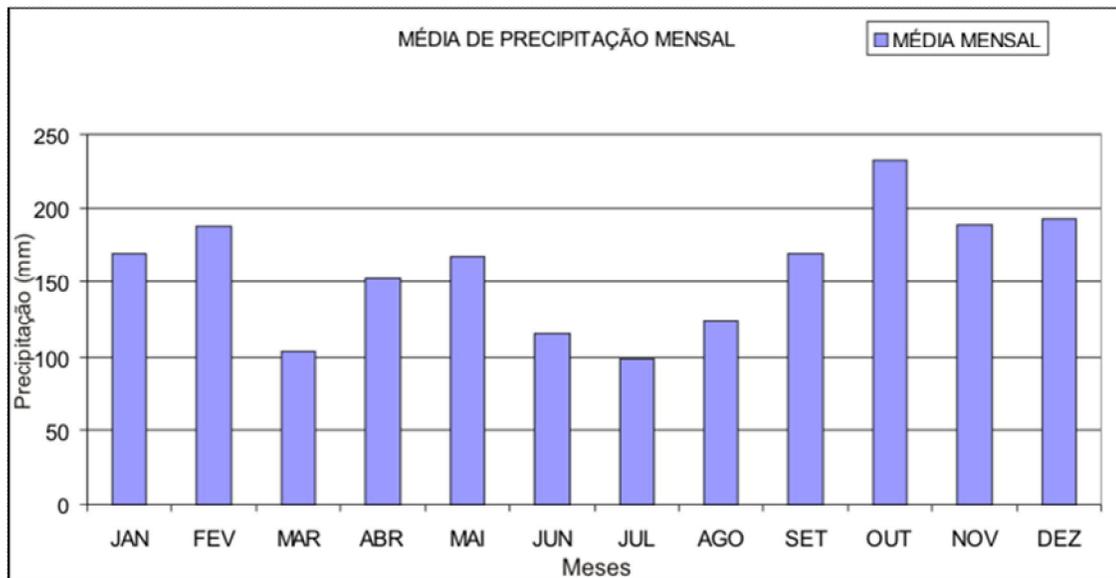


Figura 9 - Precipitação média mensal em milímetros, (período de 1998 – 2009)

8.2 Solos

Para Nakashima e Nóbrega (2003) a diversidade de solos depende principalmente dos fatores do meio físico. No caso da região Oeste do Paraná o substrato rochoso é composto por basalto. O relevo está associado aos padrões de drenagem e suas densidades, que resultam em relevos com maior ou menor grau de dissecação (entalhamento), originando vertentes com formas, extensões e declives variados.

Na área em estudo ainda não há uma classificação pedológica em escala de detalhe. No que tange aos tipos de solo, existe somente o mapeamento do estado do Paraná na escala 1:600.000, portanto muito genérico, e um mapeamento de materiais inconsolidados na escala 1:50.000 realizado pela Mineropar no ano de 2006, abrangendo todo o território do município. Segundo Felipe et al, apud Santos e Vitte (1998), o mapa de materiais inconsolidados

constitui na síntese das informações do processo de origem dos materiais, rocha original, textura, características do material inconsolidado e perfil típico de alteração.

Nakashima e Nóbrega (2003) dizem que o Oeste paranaense é constituído de solos com grande profundidade, relevo variando de suavemente ondulado a ondulado, com baixa acidez e sem impedimentos à mecanização no manejo agrícola, principalmente na área de ocorrência do Latossolo Vermelho Eutroférico e Nitossolo Vermelho Eutroférico.

Esses autores afirmam ainda que, no oeste paranaense predominam os Latossolos Vermelhos Eutroféricos, textura argilosa, nos topos e altas vertentes, e Nitossolos Vermelhos Eutroféricos nas médias e baixas vertentes. Em certos locais ocorre a seqüência, Latossolo Vermelho, textura argilosa, Nitossolo Vermelho e Neossolo Litólico, do topo até a baixa vertente respectivamente; nas várzeas, em geral, ocorrem os Gleissolos; o Cambissolo também pode ser encontrado na média baixa vertente (Figura 10).

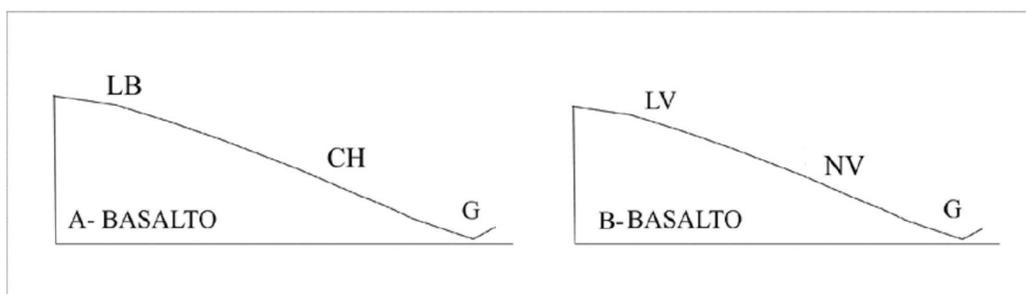


Figura 10 – Representação esquemática dos solos ao longo de duas vertentes sobre o basalto no Terceiro Planalto Paranaense
Fonte: Nakashima e Nóbrega (2003)

Na área de estudo, predominam cinco tipos de cobertura pedológica: Latossolos vermelhos de textura argilosa, encontrados predominantemente em topografias planas de topo da bacia; os Nitossolos Vermelhos aparecem em maior quantidade, ocupando um grande percentual da área, se desenvolvendo em áreas de alta, média e baixa vertente, ocupando uma pequena área no setor norte da bacia pode-se observar a presença de Material coluvial, os Cambissolos aparecem nas vertentes com maior declividade, enquanto que os Gleissolos estão restritos às áreas mais pobremente drenadas.

Ao analisar a carta de solos (Figura 11), verifica-se o predomínio do Nitossolo Vermelho distroférico e/ou eutroférico em toda a bacia, principalmente no compartimento C II. Esse tipo de solo tem como característica um bom estágio de desenvolvimento (evolução e profundidade), com estrutura subangular a angular, textura argilosa e presença de cerosidade nas faces dos agregados. De acordo com a EMBRAPA (2006) esses solos por apresentarem

no horizonte B nítico a presença de cerosidade, não atendem aos requisitos para o B latossólico. Têm textura argilosa ou muito argilosa e a diferença textural é inexpressiva.

O Latossolo Vermelho distroférico e/ou eutroférico abrange uma grande porcentagem do compartimento C I, principalmente no setor sul da bacia, nas áreas de maior altitude, também pode ser encontrado nos demais compartimentos associado às áreas de topo com baixa declividade e no interflúvio entre o rio Baiano e o córrego Aroma. Os Latossolos também são solos bem evoluídos, constituídos por material mineral, apresentando horizonte B latossólico imediatamente abaixo de qualquer tipo de horizonte A, dentro de 200cm da superfície do solo ou dentro de 300cm, se o horizonte A apresenta mais que 150cm de espessura (EMBRAPA, 2006).

Ocupando uma pequena fração do terreno a sul da bacia, ainda no compartimento C I, foi verificada a presença de Gleissolos, provenientes da oxiredução de compostos ferruginosos causado por um ambiente mal drenado, repleto de pequenas nascentes e sujeito à elevação do lençol freático durante os períodos chuvosos. Segundo a EMBRAPA (2006) os Gleissolos são solos constituídos por material mineral com horizonte glei iniciando-se dentro dos primeiros 150cm da superfície, imediatamente abaixo de horizonte A ou E, ou de horizonte hístico com espessura insuficiente para definir a classe dos Organossolos.

No setor norte (compartimento CIII), encontra-se uma área recoberta por material coluvial gerado por meio da ação combinada da gravidade e da água. Possui características diferentes dos solos subjacentes, principalmente pelo padrão caótico de organização de seus constituintes. A matriz apresenta uma composição de grãos, seixos e blocos de diversos tamanhos e em vários graus de alteração.

No setor nordeste da bacia, nas proximidades das pedreiras, (compartimento CIII), verifica-se a presença de solos rasos, formados por Cambissolos, associados a áreas de maior declividade. São solos constituídos por material mineral com horizonte B incipiente subjacente a qualquer tipo de horizonte superficial, exceto hístico com 40cm ou mais de espessura, ou horizonte A chernozêmico, quando o B incipiente apresentar argila de atividade alta e saturação por bases alta. Plintita e petroplintita, horizonte glei e horizonte vértico, se presentes, não satisfazem os requisitos para Plintossolos, Gleissolos e Vertissolos, respectivamente (EMBRAPA, 2006).

O mapeamento da cobertura pedológica vinculado aos estudos de fragilidade ambiental, contribui sobre maneira para o conhecimento preliminar da susceptibilidade natural dos solos aos processos erosivos.

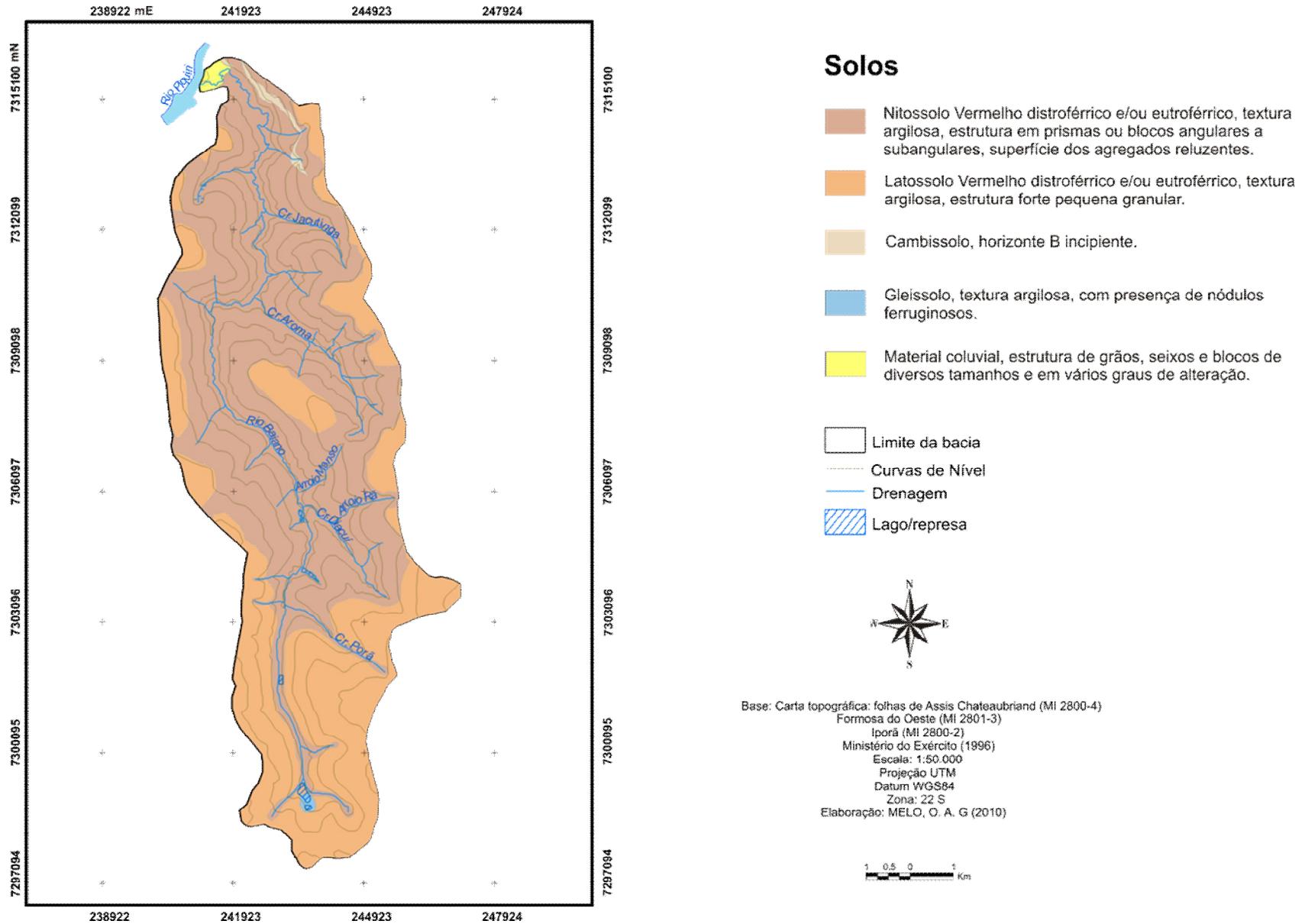


Figura 11 - Carta de solos da bacia hidrográfica do rio Baiano

8.3 Geomorfologia

O relevo da área de estudo se apresenta modelado por colinas e pequenos espigões de topos suavemente aplainados, predomínio de vertentes retilíneas, baixa dissecação do relevo e vales predominantemente em “V”. Os espigões constituem divisores de água secundários, os vales mais profundos encontram-se no médio curso do rio Baiano. O setor Leste da bacia possui relevo mais dissecado, referente à maior densidade de rios que cortam a paisagem. Estruturalmente a área recebe influência de linhas de falhas e fraturas direcionadas de SE-NW e SW-NE predominantemente, que condicionam o desenvolvimento e direção dos eixos de drenagem.

As características morfométricas da bacia governam todo o escoamento superficial da água, e por isso a bacia hidrográfica vem sendo considerada como unidade territorial ideal para o planejamento integrado dos recursos naturais (BACK, 2006).

Christofolletti (1969) tece alguns comentários sobre a análise morfométrica de bacias hidrográficas, ressaltando que o estudo de aspectos relacionados à drenagem, relevo e geologia pode levar à compreensão de diversas questões associadas à dinâmica ambiental local.

Assim, a sinuosidade do canal principal foi determinada pelo índice (**Sin**) de 1,33. Segundo Christofolletti (1980) valores próximos a 1,0 indicam que o canal tende a ser retilíneo, já os valores superiores a 2,0 sugerem canais irregulares. Através do valor encontrado, pode-se verificar que o canal principal (rio Baiano) possui baixa sinuosidade, comprovando a influência da orientação estrutural, com tendência para a maior velocidade de fluxo.

De acordo com o cálculo de densidade de drenagem (**Dd**), a partir da equação $Dd = L/A$, verificou-se que a bacia do rio Baiano possui alta densidade de drenagem, cujo valor é de 0,823Km/Km². De acordo com Villela e Mattos (1975) o valor da densidade de drenagem pode variar de 0,5km/km² para bacias com drenagem pobre e de até 3,5km/km² para bacias excepcionalmente bem drenadas.

O coeficiente de manutenção (**Cm**) da bacia hidrográfica do rio Baiano é de 1,21km²/km, ou seja, esta é a área necessária para manter um quilômetro de canal ativo.

A densidade hidrográfica (**Dr**) medida para a bacia hidrográfica em estudo foi 0,691 rios/km². Segundo Christofolletti (1980) é importante porque representa o comportamento hidrográfico de determinada área, em um de seus aspectos fundamentais que é a capacidade de gerar novos cursos de água.

Conforme Peña apud Christofolletti (1970, p.6) “a drenagem encontra-se íntima e especialmente relacionada, como fator analítico, com outro elemento fisiográfico e geomorfológico de extraordinária importância: a erosão”. Com os índices e padrões morfométricos, há a possibilidade de uma melhor compreensão do principal agente erosivo da bacia, a dinâmica do escoamento das águas superficiais.

A extensão média do percurso superficial (Eps) foi calculada com base na densidade de drenagem a partir da equação $Eps = 1/2Dd$ e teve como resultado o valor 0,411 km, isto é, a chuva terá que escoar pela superfície do terreno, em média, a distância de 411 metros até atingir um canal, esse dado tem relação direta com os processos erosivos, pois quanto maior a distância percorrida pelas enxurradas sobre as vertentes, maior a sua atuação sobre as mesmas.

A partir do índice entre o comprimento e a área da bacia (ICo) obtido através da equação $ICo = Lb/\sqrt{A}$, pôde-se constatar que a bacia do rio Baiano possui forma alongada, o cálculo teve como resultado um valor bem acima da unidade (ICo=2,34). Segundo Christofolletti (1980) este dado apresenta significância para descrever e interpretar tanto a forma como o processo de alargamento ou alongamento da bacia hidrográfica. Quando o valor de ICo estiver próximo de 1,0 a bacia apresenta forma semelhante ao quadrado, e quando o valor for menor que 1,0 a bacia terá forma alargada, e quanto maior for o valor, acima da unidade, mais alongada será a forma da bacia.

O rio Baiano possui 22.85 km de extensão, e uma amplitude altimétrica de 120 metros. O perfil longitudinal do rio Baiano encontra-se na sua maior parte em desajuste fluvial, podendo ser identificados dois trechos em subsidência e um em ascensão (Figura 12). Adotou-se afastamentos iguais ou superiores a 10m da linha de melhor ajuste como indicativos de prováveis anomalias, conforme proposto por Guedes et al (2006).

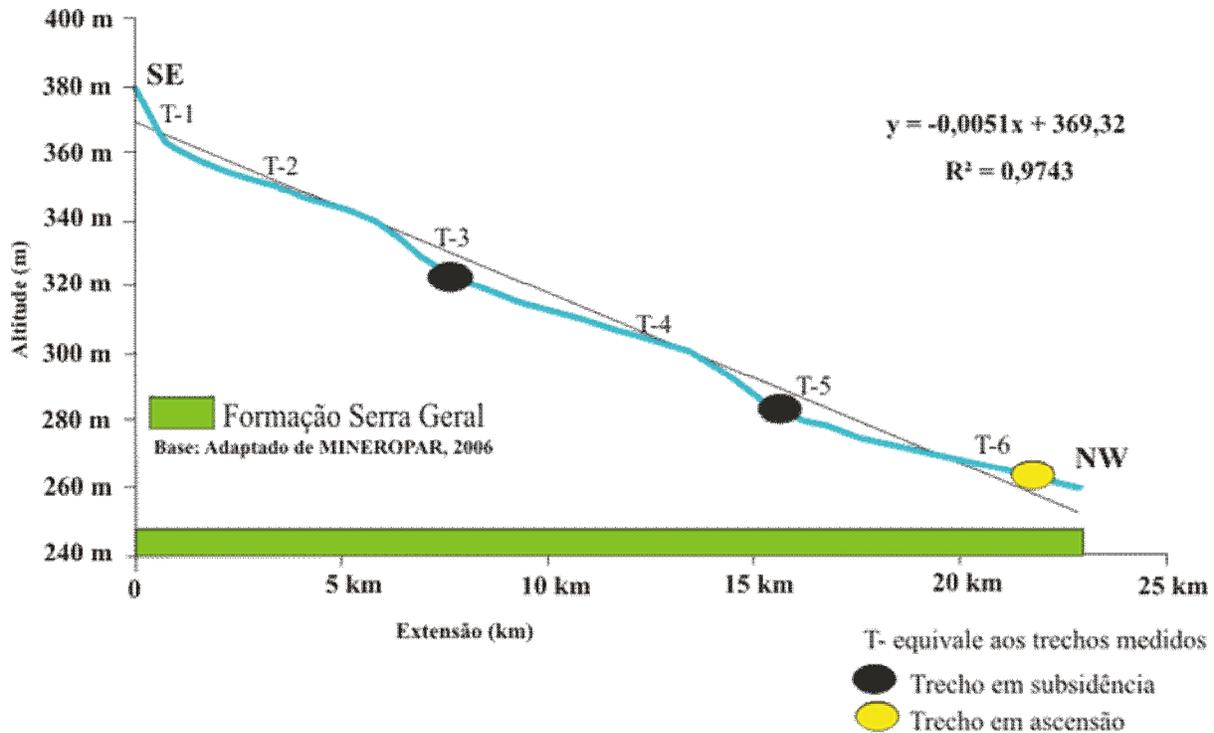


Figura 12 - Perfil longitudinal do rio Baiano com os trechos medidos

A partir da aplicação dos índices de RDE para a análise do perfil longitudinal do rio Baiano pôde-se verificar que as anomalias estão distribuídas em cinco dos seis trechos analisados ao longo do canal, ou seja, índices acima de 2 (Tabela 7). O trecho 1, entre as cotas de 380 a 360m apresentou equilíbrio com índice de RDE inferior a 2. As anomalias de 2ª ordem estão compreendidas nos trechos 2, 3, 4 e 6 entre as cotas de 360 a 340, 340 a 320, 320 a 300 e 280 a 260 m. O trecho entre as cotas de 300 a 280 m corresponde a uma anomalia de 1ª ordem, possuindo índice de RDE acima do limiar 10 (10,0090448).

Tabela 7- Resumo das variáveis morfométricas do rio Baiano

Trecho	Cota superior (m)	Cota inferior (m)	diferença altimétrica (m)	Extensão do trecho	Extensão total (m)	declividade	RDE trecho	RDE total	RDE trecho/RDE total
1	380	360	20	1100	1100	0,018182	20	11,95585	1,67282087
2	360	340	20	4555	5655	0,004391	24,82986	11,95585	2,07679517
3	340	320	20	2500	8155	0,008	65,24	11,95585	5,45674166
4	320	300	20	5300	13455	0,003774	50,77358	11,95585	4,24675561
5	300	280	20	2700	16155	0,007407	119,6667	11,95585	10,0090448
6	280	260	20	6700	22855	0,002985	68,22388	11,95585	5,70631655

Com a análise do perfil longitudinal do rio Baiano, verificou-se que o mesmo possui trechos anômalos desde o alto curso até a sua foz. Ao distribuir espacialmente as anomalias encontradas, verifica-se que as anomalias de 2ª ordem estão relacionadas à lineamentos estruturais (presença de falhas e fraturas).

A anomalia de 1ª ordem encontrada para o rio Baiano possui uma extensão de cerca de 2700m, localizada na transição entre o médio e o baixo curso do rio em estudo, nesse trecho ocorre a confluência com tributários de maior volume, além de lineamentos do relevo (Figura 13). Diante dos resultados expostos, levando-se em consideração o contexto litológico da área e sua resistência à erosão, assume-se que as anomalias encontradas no perfil longitudinal do rio Baiano podem estar vinculadas a imposição estrutural através do lineamento e orientação das falhas e fraturas e a confluência de tributários de maior volume. A representação longitudinal do rio Baiano também auxiliou na delimitação dos compartimentos CI, CII e CIII, para que o estudo da área procedesse de maneira mais organizada.

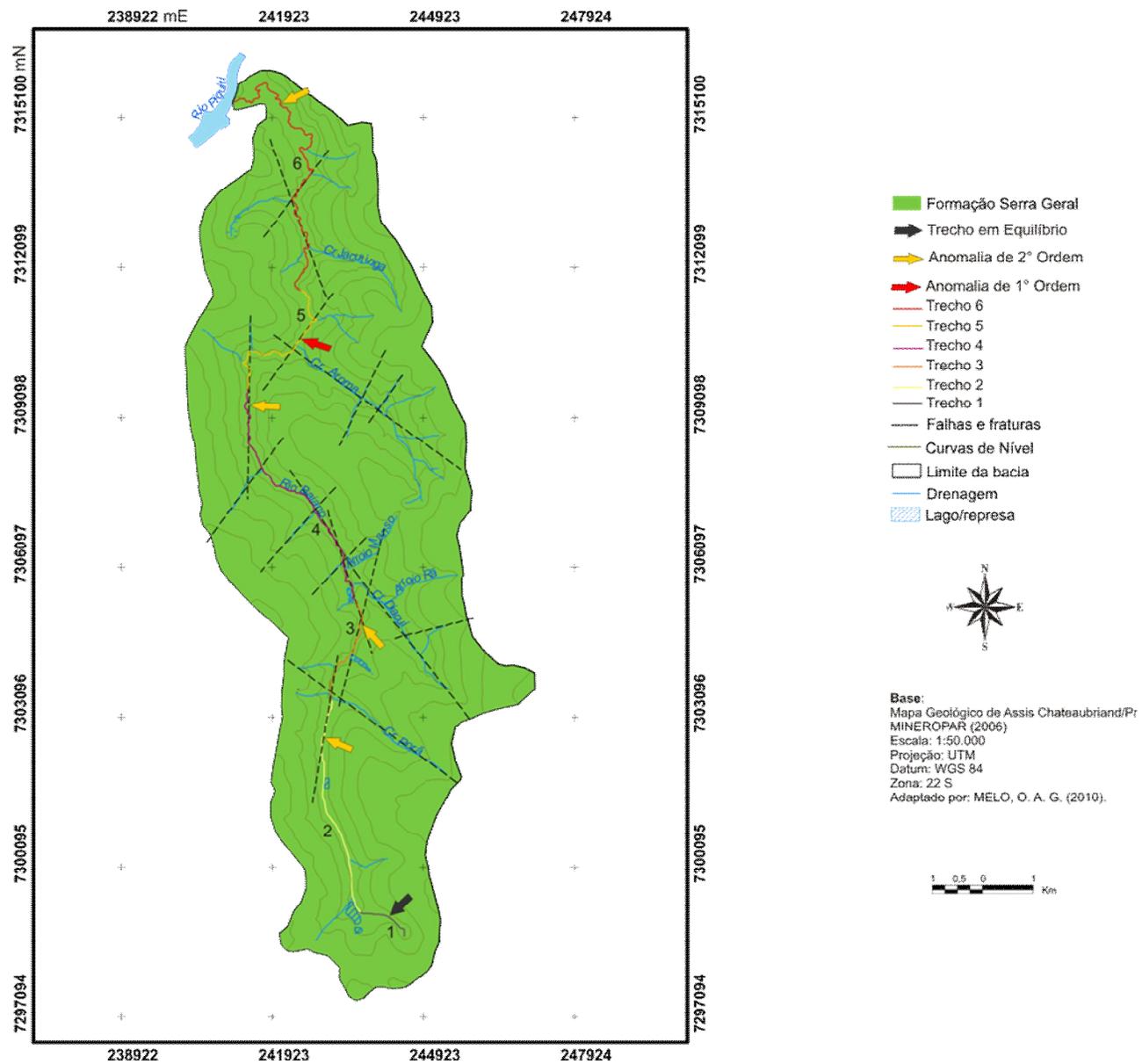


Figura 13 - Geologia da área de estudo com orientação das falhas e fraturas e trechos medidos ao longo do curso do rio Baiano

Segundo Granell-Pérez, (2001) nas bacias alongadas, os fenômenos pluviométricos geram um escoamento melhor distribuído temporalmente no canal principal que diminui o risco de enchente, embora o nível de vazão alta seja mais durável.

Em referência aos valores acima expostos, pôde-se verificar que a área em questão, é pouco susceptível às enchentes, devido à forma alongada da bacia, outro fator relevante é a característica de uma bacia bem drenada, pois quanto mais bem drenada se caracteriza uma área, menor será a área necessária para manter um quilômetro de canal ativo, menor também será o percurso do escoamento superficial até atingir um corpo hídrico na área de captação da bacia.

A curva hipsométrica é a representação gráfica das variações de altitude em relação à área de uma bacia. São medidas as áreas compreendidas em cada classe de altitude obtidas através da interpolação das curvas de nível. Avalia-se, então, a porcentagem do total correspondente a cada uma dessas áreas, e a porcentagem acumulada da área total que fica acima ou abaixo de cada curva de nível.

Entre as cotas altimétricas de 320 a 380m foi identificada uma área aplainada com pouca variação altimétrica, mas, numa grande porção de área, aproximadamente 60% da área total da bacia.

Segundo Riffel (2005) as áreas pertencentes à superfície aplainada devem possuir baixa declividade, pouca variância altimétrica, ou seja, configurar extensas áreas planas e contínuas e, quando instalado o sistema fluvial posterior, marcar topos de vertentes suavemente convexos. Ressalta ainda que a existência do ponto de ruptura, com mudança da forma da curva para convexa, reflete na incisão fluvial da superfície previamente aplainada, ou seja, uma paleosuperfície.

Observando-se a curva hipsométrica (Figura 14), nota-se que não há pontos de ruptura que pudessem causar convexidade da mesma, isto é um indicativo de que não existem topos ou patamares residuais no interior da bacia, estando restritos aos interflúvios.

As cotas altimétricas de menor ocorrência na área de estudo são as que estão acima de 420m, ocupando apenas 0,7% do total da área, configurando-se em um patamar isolado.

De acordo com Linsley, Kohler e Paulhus apud Vilela e Mattos (1975), bacias geologicamente maduras tendem a apresentar curvas hipsométricas semelhantes, com distribuição equilibrada de área para as diferentes altitudes, que depois de alcançado o equilíbrio, tendem a variar muito pouco, apesar da diminuição das altitudes provocadas pela erosão. Neste sentido poderia-se considerar a bacia do rio Baiano como uma área que ainda está se ajustando à litoestrutura, devido à distribuição desigual das diferentes altitudes.

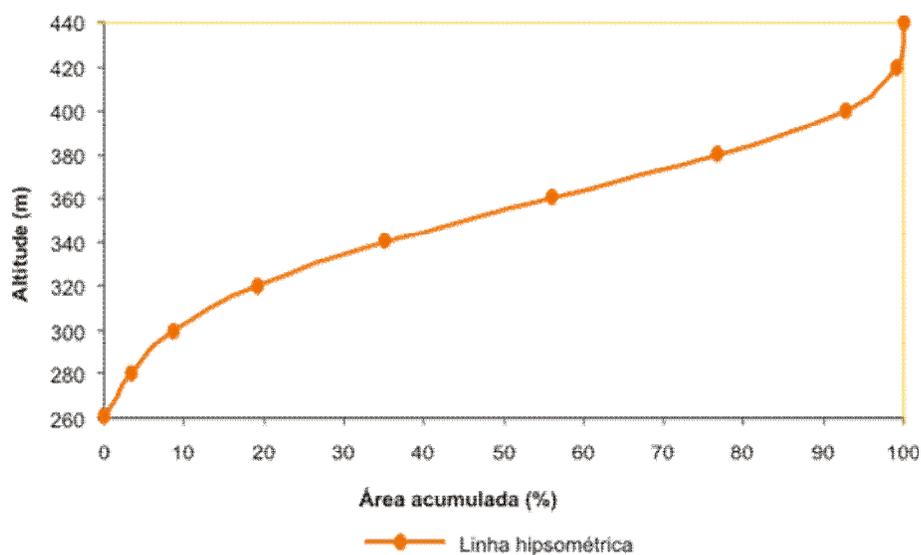


Figura 14- Curva hipsométrica da bacia hidrográfica do rio Baiano

A curva da distribuição das declividades apresentou uma ocorrência maior das baixas declividades, ocupando cerca de 90% do total da área. As maiores declividades referentes à classe de 20-30% aparece apenas em pontos isolados da bacia ocupando uma área inferior a 0,1% (figura 15).

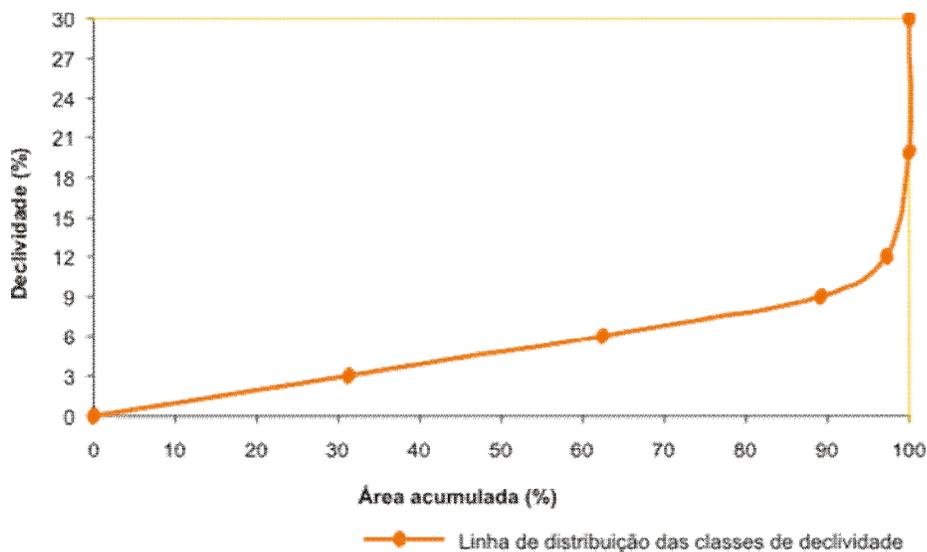


Figura 15 - Curva de distribuição de declividade da bacia hidrográfica do rio Baiano

8.3.1 Perfis transversais da bacia

Os perfis transversais da bacia foram traçados para maior compreensão das formas de relevo da área. A partir destes, pôde-se verificar a assimetria das vertentes de um interflúvio para outro.

No perfil 1, (Figura 16) são verificadas as maiores cotas altimétricas, fato esse, que favorece a remoção de sedimentos dessa parte da bacia para jusante.

Segundo Carvalho (1994), nas partes altas de uma bacia hidrográfica ocorre uma maior erosão e transporte de sedimentos. A erosão vai diminuindo da alta para a parte média da bacia na medida que as declividades decrescem, na parte baixa ocorre a formação de colúvios, onde maior parte dos sedimentos erodidos se distribuem pelos terrenos, predominando nessas partes a gradação de materiais.

Em referência às vertentes desse perfil, a do setor leste apresenta-se retilínea, aplainada na parte superior e com maior comprimento de rampa, porém com menor grau de inclinação; a vertente do setor oeste apresenta-se convexa-retilínea em toda sua extensão, contendo pequenas formas irregulares.

O perfil 2, (Figura 16) revela a assimetria das formas das vertentes. A vertente do setor leste possui forma aplainada na parte superior, retilínea na parte média para a parte inferior; a vertente do setor oeste apresenta-se convexa-retilínea com maior declividade e menor comprimento de rampa.

O perfil 3, (Figura 16) mostra que as vertentes possuem formas assimétricas, tanto a vertente leste como a oeste apresentam-se retilíneas, cabendo à vertente oeste maior comprimento de rampa.

No perfil 4, (Figura 16) pode-se verificar a assimetria das formas das vertentes e diferença de cotas altimétricas do setor leste para o oeste. A vertente oeste do Córrego Aroma possui maior declividade e também maior comprimento de rampa. A distância da vertente do vale até o interflúvio é maior do que a distância da vertente do rio Baiano. A vertente esquerda do rio Baiano apresenta-se convexa na parte superior e retilínea na média e baixa vertente.

O perfil 5, (Figura 16) mostra índice médio de incisão do canal, neste local ocorre a diminuição da velocidade fluxo do rio Baiano, referente ao barramento provocado pelas águas do rio Piquiri. Por estar localizada a jusante, ocorre maior deposição de sedimentos provenientes da montante da bacia. A assimetria das vertentes é aparente, neste compartimento as cotas altimétricas diminuem relativamente. A vertente do setor leste

apresenta-se retilínea com maior comprimento de rampa; a vertente do setor Oeste demonstra convexidade e retilinização e mais suavizadas em relação ao setor Leste do perfil.

A partir da análise dos perfis transversais da bacia do rio Baiano, pôde-se atribuir índices de dissecação do relevo utilizando como parâmetro as classes delimitadas por Ross (1994), baseadas na relação de densidade de drenagem/dimensão interfluvial média para a dissecação no plano horizontal e nos graus de entalhamento dos canais de drenagem para a dissecação no plano vertical.

Assim, os perfis 1, 2 e 5 possuem dimensões interfluviais baixas com grau médio de entalhamento do vale, já os perfis 3 e 4 apresentam dimensões interfluviais muito baixas, mas entalhamento do vale que variam de Médio a Forte (tabela 8). Os valores obtidos para a dissecação do relevo dos perfis transversais da bacia do rio Baiano deram conta de que a área tem relevo pouco dissecado, possuindo baixa dimensão interfluvial, com centenas de metros.

Quanto ao índice de entalhamento do vale, apenas o perfil 4 apresentou maior valor, porém, possui maior dimensão interfluvial que atenua a forte incisão do vale. Na média, os perfis apresentaram valores baixos para a dissecação do relevo da bacia. A análise dos perfis transversais possibilitou em primeira análise o conhecimento do relevo da área quanto ao grau de dissecação.

Tabela 8 - Índices de Dissecação do Relevo dos perfis transversais da Bacia do Rio Baiano

Perfis Transversais da bacia do rio Baiano	Dimensão Interfluvial (metros)	Graus de Entalhamento do Vale (metros)	Categorias
Perfil 1	2410 (Baixa)	60 (Médio)	12, 32
Perfil 2	3460 (Baixa)	65 (Médio)	12, 32
Perfil 3	4690 (Muito Baixa)	80 (Médio)	11, 32
Perfil 4	4780 (Muito Baixa)	85 (Forte)	11, 41
Perfil 5	2440 (Baixa)	65 (Médio)	12, 32
Média	3556 (Baixa)	71 (Médio)	12, 32

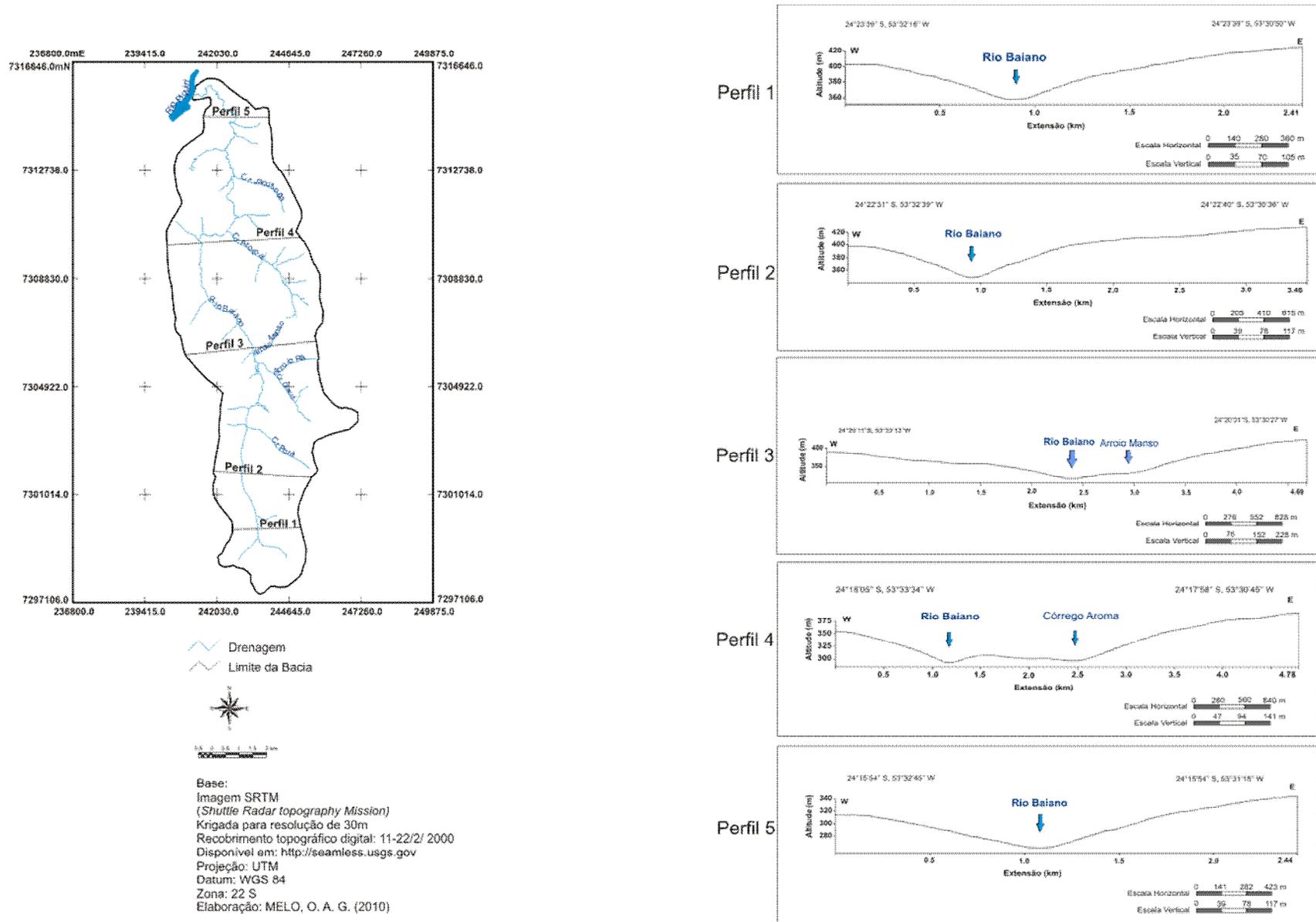


Figura 16 - Perfis transversais da bacia hidrográfica do rio Baiano

9 *Análise dos Produtos Cartográficos*

9.1 *Carta base*

A carta base (Figura 17) é um produto cartográfico que dá uma noção preliminar da rede de drenagem, do relevo e da rede viária da área de estudo. Pode-se verificar à montante da bacia a presença da malha urbana, enquanto que nos setores médio e inferior a ocupação é totalmente rural. Com relação ao relevo da área, de forma geral, predominam as pequenas cotas altimétricas e as declividades predominantes são pouco acentuadas. A rede de drenagem possui um número expressivo de ribeirões e córregos, principalmente no setor leste. Como o próprio nome já diz, esse produto serve de base para a elaboração de outras cartas temáticas, além de orientar na escolha dos locais para os trabalhos de campo e coleta de amostras para as análises laboratoriais. As pedreiras (desativadas ou em atividade) existentes na área situam-se no nordeste da bacia, ou seja, na área onde os solos são mais rasos, daí, extrai-se parte do basalto necessário para pavimentação de ruas e estradas do município.

9.2 *Carta de Compartimentação da bacia do rio Baiano*

Dada à homogeneidade do substrato rochoso, da distribuição das altitudes, das formas de vertente e das classes de declividade, a elaboração da carta de compartimentação da área de estudo obedeceu a distribuição das classes de solo e o perfil longitudinal do rio Baiano, que proporcionou a distinção de três compartimentos. De maneira geral, ao observar a Figura 18, nota-se que no compartimento I é onde se encontram as maiores altitudes, os tipos de solo predominantes nessa área são os Latossolos Vermelhos. Nessa unidade verifica-se o desenvolvimento da malha urbana.

O setor médio da bacia, representado na carta pelo compartimento II, apresenta altitudes menos acentuadas, onde os solos predominantes são os Nitossolos Vermelhos. Nesse setor, localiza-se a confluência com o tributário de maior caudal e o rio Baiano.

O compartimento III, representado na carta pela hachura de cor verde, abrange uma área de baixas altitudes. Nesse compartimento as declividades são mais acentuadas, propiciando o aparecimento de solos menos desenvolvidos como os Cambissolos e áreas recobertas por material coluvial.

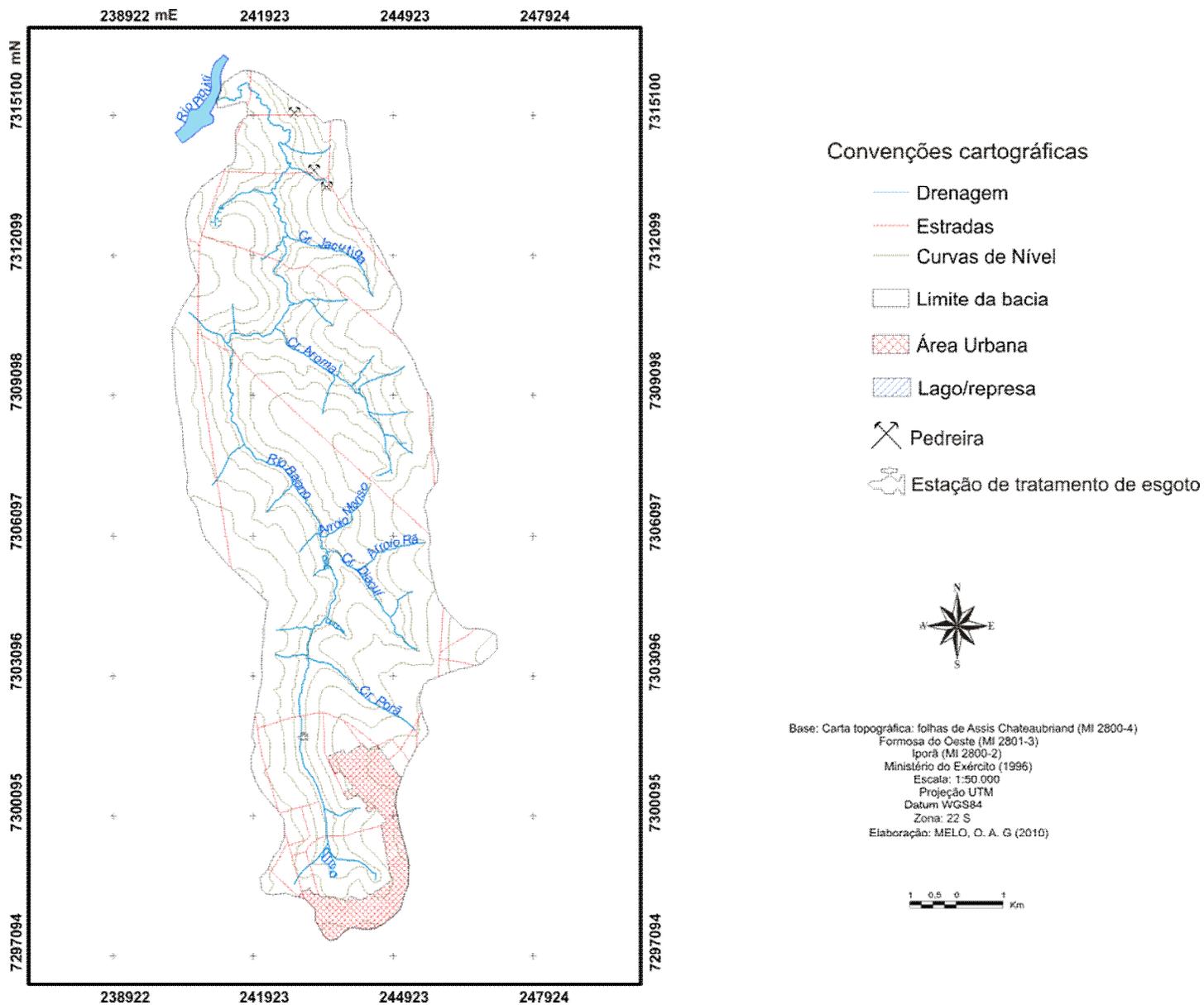


Figura 17 - Carta base da bacia do rio Baiano

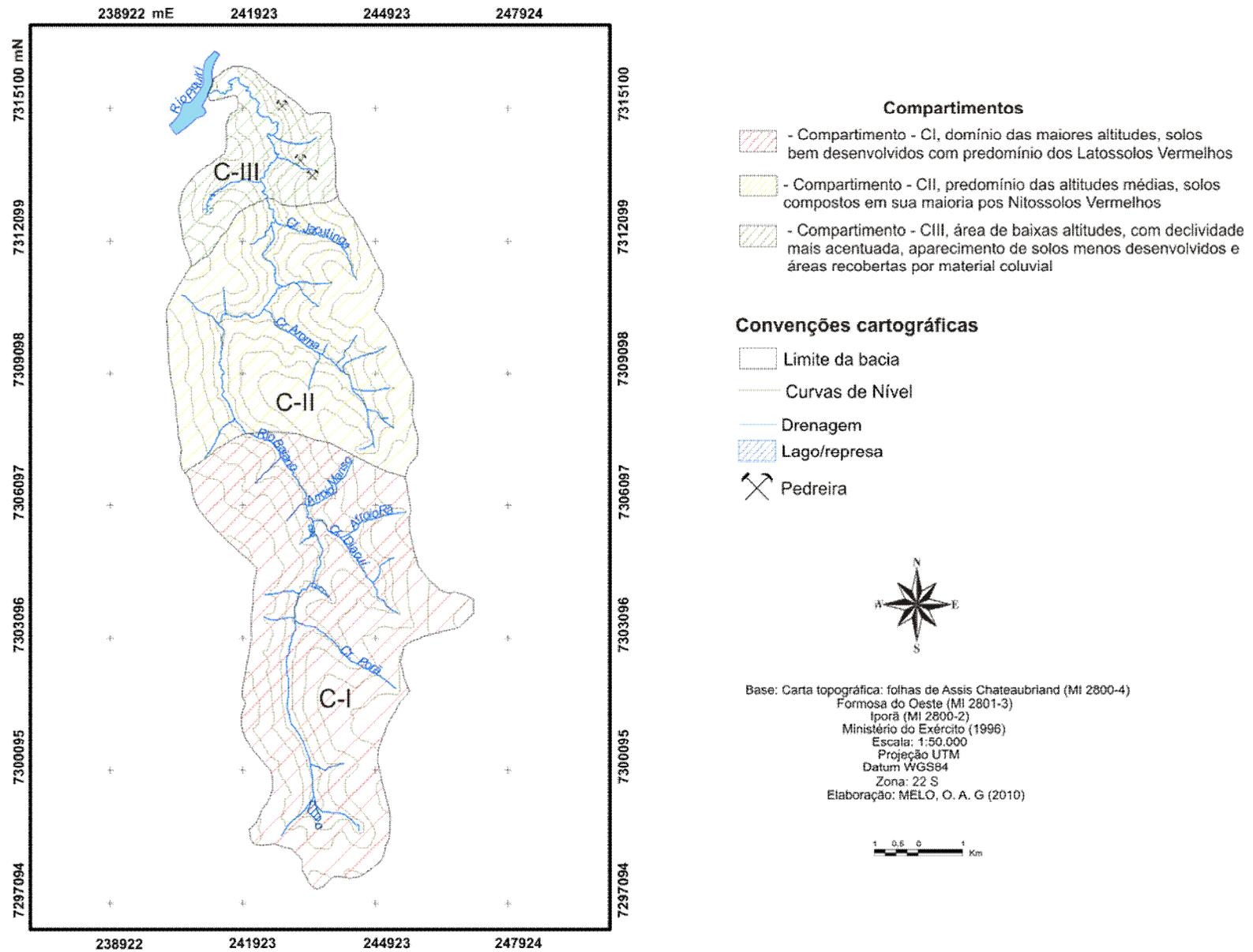


Figura 18 - Carta de compartimentação da bacia do rio Baiano

9.3 Carta de evolução do uso e ocupação do solo (1985, 1996 e 2009)

A carta temática de evolução do uso e ocupação do solo traz informações sobre a ocupação da área de estudo em três períodos distintos (1985, 1996 e 2009). Para tanto, foram utilizadas imagens da mesma estação para cada ano. Tais informações foram extraídas de imagens do satélite Landsat 5 TM. Para auxiliar na leitura das imagens orbitais, foram elaboradas classes temáticas para classificação dos tipos de uso e ocupação do solo.

Após a realização do mapeamento das classes temáticas, identificou-se que no ano de 1985 a bacia do rio Baiano contava com 90,5% de sua área destinada às culturas temporárias. Nesse ano aproximadamente 4,5% da área da bacia era ocupada por edificações urbanas e as pequenas manchas residuais de fragmentos de floresta representavam 4,6% da área total, distribuídas de maneira esparsa.

No intervalo de 1985 a 1996 notam-se poucas mudanças no uso do solo da área. O crescimento da malha urbana foi de aproximadamente 0,3%, os fragmentos de vegetação aumentaram aproximadamente em 1,97% e a área destinada às culturas temporárias reduziu-se em 2,4 %.

Do ano de 1996 a 2009 houve uma redução na área ocupada pelas culturas temporárias, em cerca de 4,3%. Nesse período o processo de crescimento urbano registrou um aumento de sua área em apenas 0,34 Km², principalmente no sentido sul, e, os fragmentos de floresta tiveram um aumento de aproximadamente 4,02% em sua área. Estes dados podem ser melhor visualizados na figura 19.

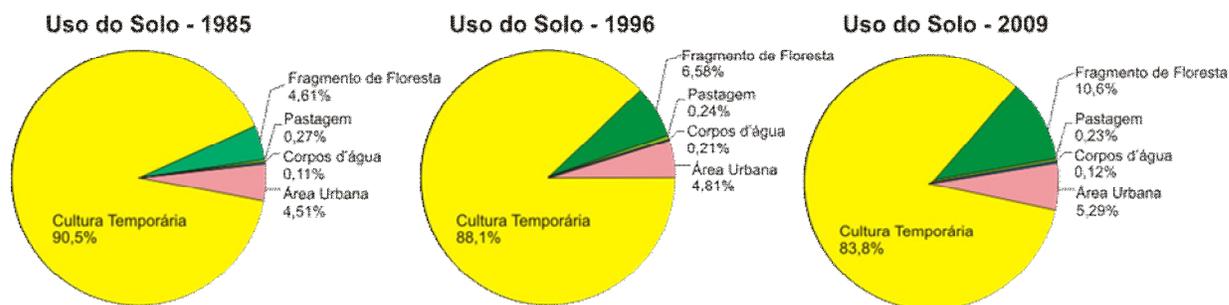


Figura 19 – Gráficos referentes à evolução do uso do solo

No período compreendido por esse estudo a ocupação da bacia do rio Baiano promoveu um significativo aumento da área de fragmentos de floresta, que cresceu cerca de 6% entre os anos de 1985 e 2009. Este tipo de cobertura vegetal proporciona um alto grau de

proteção ao solo devido à sua continuidade, evitando o impacto das gotas de chuva diretamente no terreno (Figura 20).



Figura 20 - Área de reserva florestal, principal remanescente de vegetação nativa da bacia. Foto: Ordilei Aparecido Gaspar de Melo - 2010

Na carta de evolução do uso do solo (Figura 21), pode-se observar o crescimento dos fragmentos de floresta em detrimento das culturas temporárias, bem como o baixo crescimento da malha urbana. Pode-se observar que, as áreas destinadas às pastagens apresentam pouca expressão, devido às características físicas da área, como predominância das baixas declividades, solos bem desenvolvidos e a conseqüente valorização da terra. Os dados demonstram a vocação agrícola da área, configurando-se na atividade econômica de maior importância.

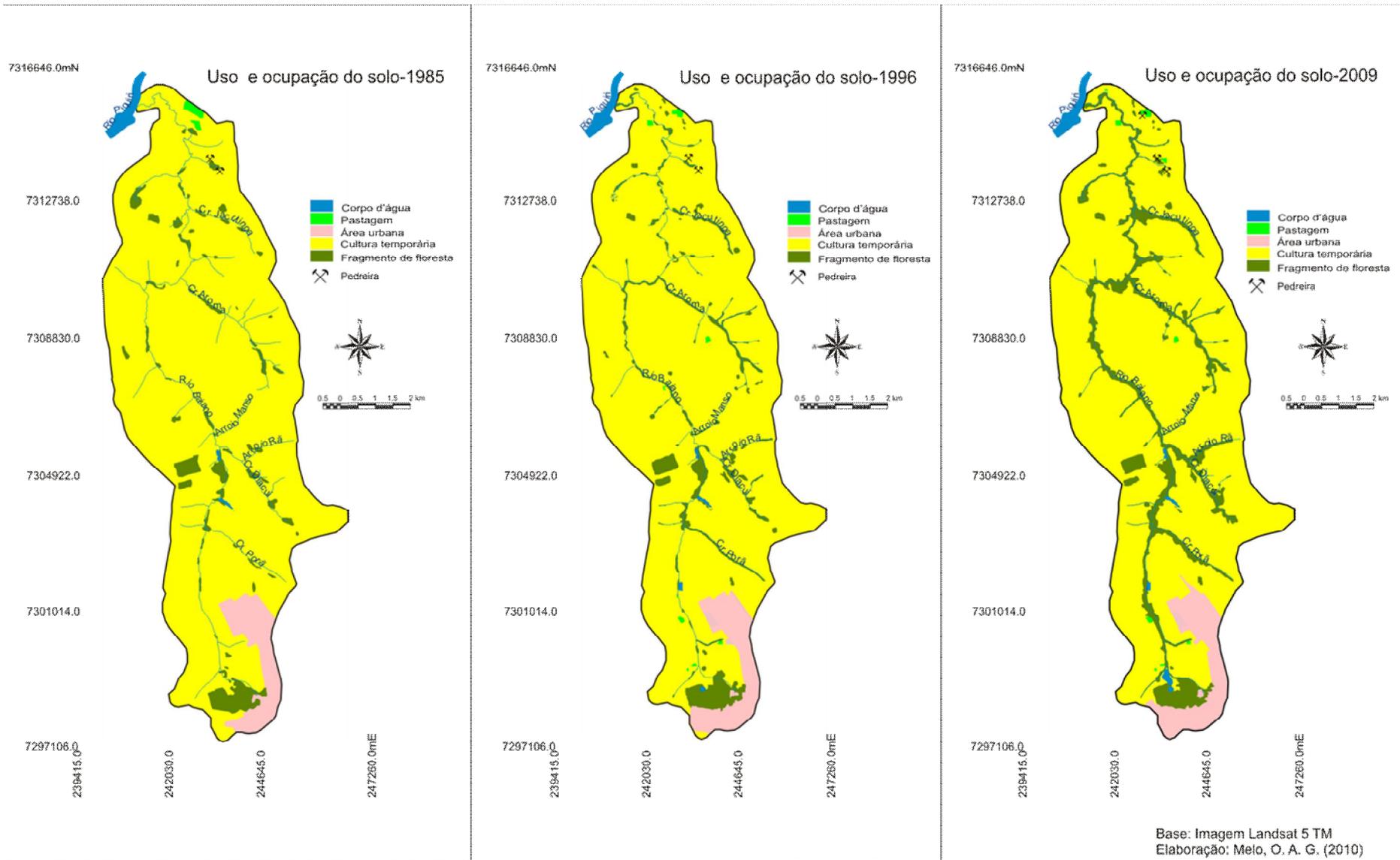


Figura 21 - Carta de evolução do uso do solo da bacia hidrográfica do rio Baiano (1985, 1996 e 2009)

Na área urbana (Figura 22) predominam as atividades comerciais e/ou serviços voltados as necessidades locais, atendendo também a municípios vizinhos com menor infraestrutura. As atividades comerciais são altamente dependentes da produção agrícola, pois, um bom desempenho da agricultura, garante também as vendas para o comércio e contratação de mão-de-obra para as prestadoras de serviços.



Figura 22 – Parte da malha urbana de Assis Chateaubriand (compartimento CI). Foto: Ordilei Aparecido Gaspar de Melo - 2010

No que tange às questões ambientais a impermeabilização do solo na área urbana tem provocado efeitos negativos sobre o ambiente fluvial, pois as precipitações que incidem nesses locais, chegam aos canais com muita velocidade e volume, diminuindo o tempo de concentração e a retenção de água no sistema, com isso diminui a percolação de água que alimenta o fluxo de base, responsável por manter o fluxo hídrico após cessarem as chuvas.

O uso agrícola levado a efeito através das culturas temporárias é outro fator a ser analisado, por ocupar grande percentual da área e ser responsável direto pela carga de sedimentos que chega aos canais (Figura 23).



Figura 23 - Área agrícola ocupada com cultura temporária (plantio de soja). Foto: Ordilei Aparecido Gaspar de Melo - 2010

A pastagem (Figura 24) tem um papel secundário, sendo voltada na maioria das vezes ao abastecimento de leite e carne para as próprias propriedades rurais. Estas áreas são ocupadas de forma pouco densa com número reduzido de animais por área.



Figura 24 – Pequena área de pastagem no setor sul da bacia (compartimento CI), ao fundo plantio de soja e conjunto habitacional. Foto: Ordilei Aparecido Gaspar de Melo - 2010

9.4 Carta hipsométrica

A análise altimétrica é um instrumento importante, pois oferece uma primeira aproximação para o entendimento da bacia hidrográfica, identificando os setores de maiores e menores altitudes. Douhi (2003), diz que através desta análise, é possível a identificação de algumas características morfológicas, tais como: planícies de deposição, vales encaixados, topos, áreas de erosão, entre outras.

O município de Assis Chateaubriand está localizado na região fisiográfica, que, Maack (1981) denomina de Terceiro Planalto Paranaense, apresentando cotas altimétricas pouco elevadas, predominando as cotas de 340 a 540m e relevo de declividades pouco acentuadas.

Com altitude média de 440m acima do nível do mar, o relevo de Assis Chateaubriand tem sua cota máxima de 573m, localizada nas cabeceiras do rio Peixe, ao sul do município. A cota mais baixa possui altitudes em torno de 256m, localizada no extremo noroeste, junto às margens do rio Piquiri. A distribuição do relevo ao longo do território é representada por cerca de 80% de áreas planas ou suavemente onduladas, e 20% de áreas de média à alta declividade, com desníveis de até 100m ao longo dos vales (MINEROPAR, 2006).

Inserida no setor norte do município a área de estudo possui uma variação altimétrica de 180 metros, considerando que o ponto mais elevado está localizado a 440m e o mais baixo a 260m. Os pontos mais elevados se localizam no setor E e S/SE da bacia, e seguindo à jusante até a confluência com o rio Piquiri, onde estão localizados os pontos mais baixos, com média de 265m. A área com cota inferior a 300m ocupa apenas uma pequena parcela da bacia, cerca de 8,74% da área, sendo que nos divisores intermediários predominam altitudes que variam entre 340 e 380m. Os topos que correspondem aos níveis topográficos superiores dos divisores principais, apresentam altitudes acima de 380m.

A porção oeste da bacia possui um relevo mais plano, com cotas que vão de 360 a 260m com tendência à suavização, evidenciando-se numa zona de relevo com baixa declividade. Quantitativamente a bacia do rio Baiano tem a maioria de suas áreas compreendidas entre as altitudes de 340 a 360m que corresponde a 21,1% do total da área, sendo que estas altitudes são encontradas principalmente na parte central e oeste da bacia. A altitude que apresenta menor área de abrangência é a compreendida pela classe >420m; com apenas 0,72% da área da bacia, podendo ser encontrada num topo isolado no setor leste da bacia.

A análise da carta hipsométrica mostra que não há obstáculos que impeçam a ocupação, tanto urbana quanto rural, pois não existem grandes elevações que dificultariam

construções ou atividades agrícolas, no entanto, apenas esse dado não é capaz de apresentar resultados finais quanto à degradação do meio físico da área em questão, nem tampouco o grau de fragilidade dos terrenos. A carta hipsométrica (Figura 25), pode ser importante quando utilizada de forma integrada em estudos de uso e ocupação do solo, pois a associação dos elementos do meio físico como relevo, solo, substrato rochoso, clima e vegetação possibilitam melhor análise da ocupação e das atividades humanas às quais os ambientes são submetidos. A área compreendida por cada classe de altitude está expressa no quadro 12.

Classe de altitude (m)	Área ocupada em Km²
260-280	2,4467
280-300	3,6355
300-320	7,2674
320-340	11,0037
340-360	14,7239
360-380	14,4274
380-400	11,1463
400-420	4,6439
>420	0,4892
Total	69,784

Quadro 12 - Área ocupada pelas classes de altitude na bacia do rio Baiano

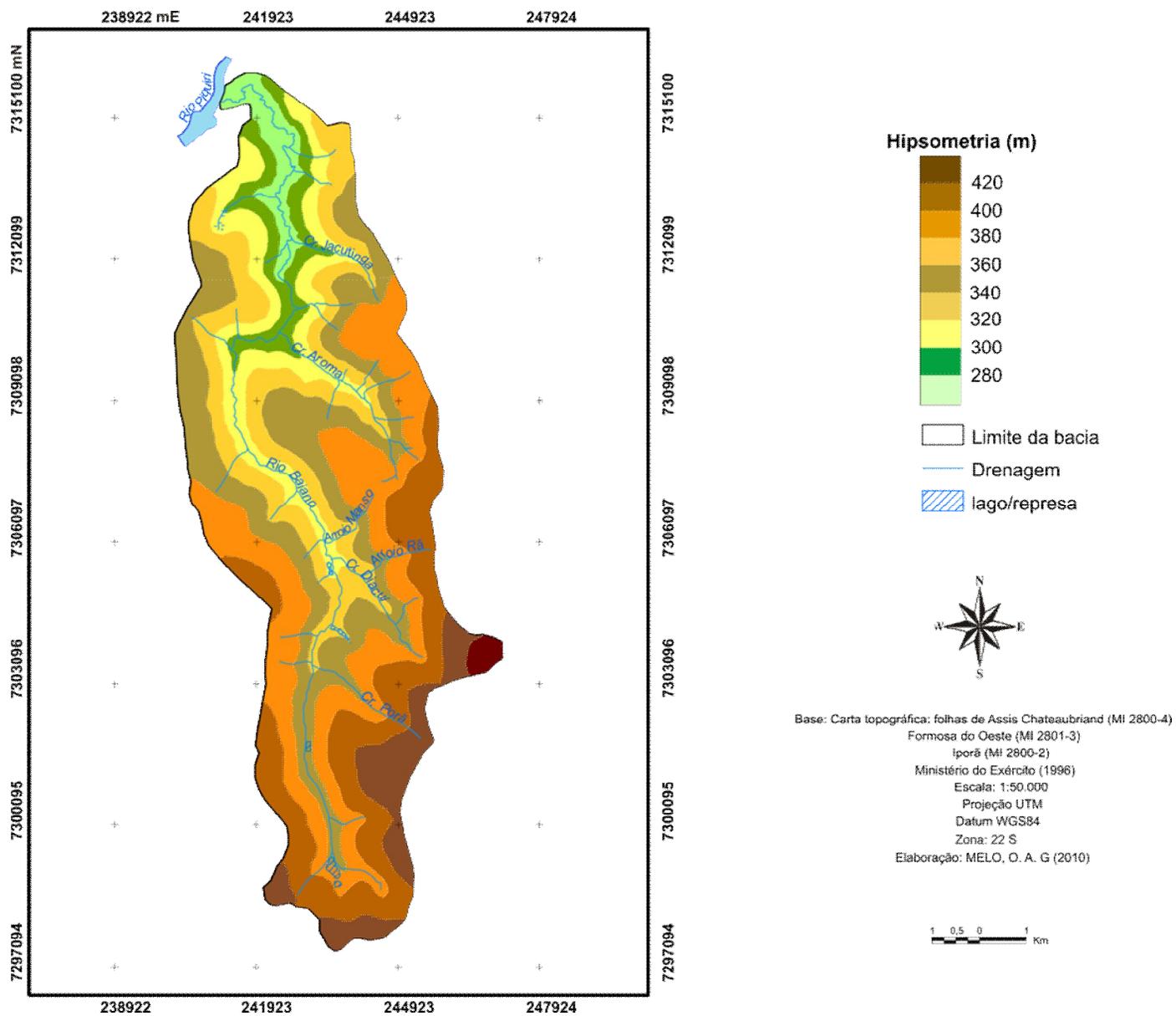


Figura 25 - Carta hipsométrica da bacia hidrográfica do rio Baiano

9.5 Carta Geomorfológica

A área em estudo está inserida na unidade estrutural da Bacia Sedimentar do Paraná na subdivisão do 3º Planalto paranaense. Apresenta estrutura Geológica constituída por rochas magmáticas da Formação Serra Geral do Grupo São Bento “Juro-Cretáceo” (MINEROPAR, 2006).

Para a representação geomorfológica (Figura 26) optou-se pelo 5º táxon da metodologia proposta por Ross (1992) na qual as formas do relevo são estudadas de forma individualizada nas vertentes. A representação corresponde à combinação de letras maiúsculas e minúsculas que representam os setores das vertentes e sua morfologia.

- Vertentes retilíneas (Vr): predominam em toda a área, principalmente na parte central e sudeste da bacia. São as formas dominantes na vertente direita da bacia e ocupam segmentos de média alta a baixa vertente compreendendo 60,14% da área. Apresentam em sua maioria, caráter planar das linhas de fluxo. Neste segmento o relevo é pouco dissecado e a declividade varia de 0 a 27% da média-alta para baixa vertente. Os solos são formados predominantemente por Cambissolos e o Latossolos, podendo ser encontrado o Gleissolo em áreas onde a drenagem é deficiente.
- Vertentes convexas (Vc): são formas de relevo restritas à parte oeste da bacia do rio Baiano e representam principalmente segmentos intermediários da alta para média vertente, essa morfologia não se mantém ao longo de toda vertente, transicionando na baixa vertente para retilínea, ocupam cerca de 7,3% da área. Predominam nesta unidade os processos morfogenéticos influenciados pela ação erosiva. A declividade varia entre 0 e 12% e condiciona o desenvolvimento de solos com predomínio dos Latossolos e Nitossolos.
- Vertentes côncavas (Vcc): estas formas são restritas à parte norte da bacia, basicamente na vertente direita cobrindo uma área de apenas 0,6% da área. As unidades côncavas associadas a ambientes climáticos úmidos favorecem a concentração de umidade e, conseqüentemente, aceleram os processos pedogenéticos. Na porção norte da bacia os segmentos côncavos ocupam posições de baixa vertente e apresentam declividade que varia entre 9 e 20%. Os solos predominantes são o Nitossolos.
- Topo convexo (Tc): são porções do relevo que ocupam uma pequena área da bacia, cerca de 14,77% e resistem à ação do desgaste efetuado pelos processos erosivos se

mantendo numa posição mais elevada nos divisores principais e interflúvios. Essa diferenciação do desgaste ocorre através da erosão diferencial da rocha. A declividade varia entre 0 e 3% e predomina o Latossolo.

- Topos Planos (Tp): são formas de relevo mais amplas e estão presentes nos divisores principais da bacia do rio Baiano, porém ocupam áreas pouco expressivas não ultrapassando 1,19% do total. Apresentam baixa declividade entre 0 e 3% e solos bem espessos com predomínio do Latossolo.
- Fundo de vale em “V” compreende 16% da área da bacia, ocupando as áreas entalhadas pelos eixos de drenagem. A área ocupada por cada classe de morfologia do relevo da bacia do rio Baiano pode ser visualizada no quadro 13.

Morfologia	Área ocupada em Km²
Tc- Topo convexo	10,3090
Tp- Topo plano	0,8330
Vc- Vertente Convexa	5,0920
Vcc- Vertente côncava	0,4114
Vr- Vertente retilínea	41,97
Fundo de vale em “V”	11,190
Total	69,784

Quadro 13 - Área ocupada pelas classes de morfologia do terreno na bacia do rio Baiano

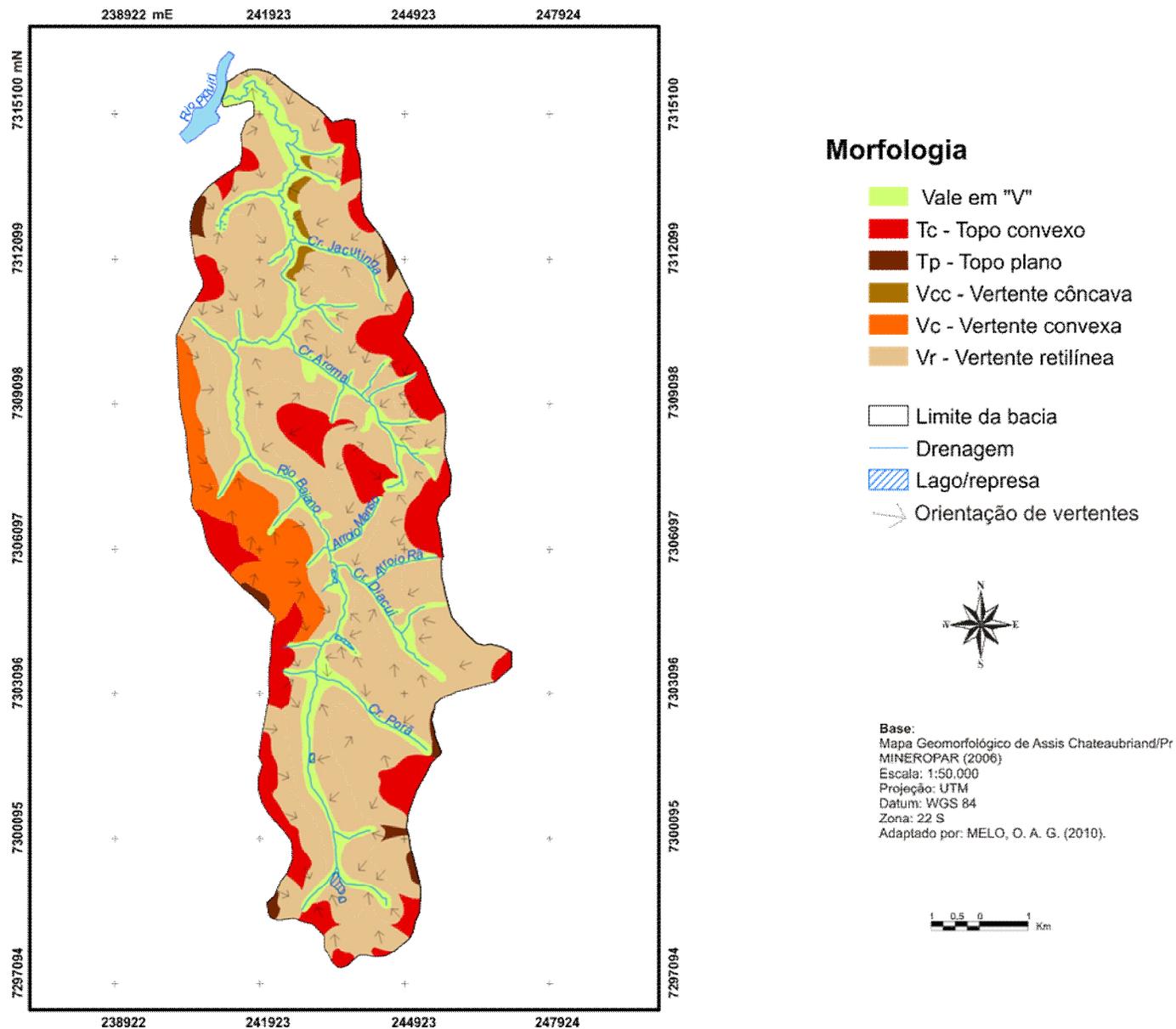


Figura 26 - Carta geomorfológica da bacia hidrográfica do rio Baiano

9.6 Processos Morfodinâmicos Atuais

A bacia do rio Baiano tem a grande maioria de sua área ocupada por atividades agrícolas, cabe aqui ressaltar que as intervenções antrópicas devem ser abordadas como ações, que, sobre o ambiente, modificam ou mesmo recriam formas de relevo. Essas modificações do relevo correspondem ao sexto táxon da classificação proposta por Ross (1992) e englobam as formas menores produzidas pelos processos morfogenéticos atuais e quase sempre induzidas pela ação humana como as voçorocas, ravinas, cicatrizes de deslizamentos, terracetes de pisoteio do gado, cortes para estradas, aterros, entre outros.

Por se tratar de uma área predominantemente agrícola, o manejo dos cultivos tem grandes reflexos sobre a conservação do solo, como também pode condicionar o aparecimento de alguns processos erosivos. Nos compartimentos CI e CII, mesmo em áreas de baixa declividade, sob cultura temporária (soja, trigo ou milho), foi verificada a presença de processos erosivos lineares com o desenvolvimento ravinas (Figura 27). A erosão linear é causada pelo fluxo concentrado das águas pluviais, por isso é um processo agressivo que deixa traços acentuados de sua ação. Em área de pastagem do compartimento CI foi observado o processo de erosão laminar, que resulta da remoção relativamente uniforme dos horizontes superficiais do solo, por ser menos notável, este processo provoca graves problemas quando não é contido.



Figura 27 – Fotografias mostrando processos erosivos atuais: 1 – ravina em área de baixa declividade; 2 – erosão laminar em área de pastagem próximo ao rio Baiano. Foto: Ordilei Aparecido Gaspar de Melo - 2010

Ainda no compartimento CI, nota-se na área urbana, localizada no setor sul da bacia, que a impermeabilização do solo desencadeia diversas formas de degradação nos canais, devido à velocidade e volume das águas captadas pelas galerias pluviais que chegam as calhas dos rios.

No compartimento CIII foi verificada a presença de cicatrizes provenientes da exploração de basalto (Figura 28). Nessa área, onde há uma faixa de solos rasos, fica evidente a intervenção antrópica, modificando as formas de relevo local. A exposição das rochas e o possível rompimento do lençol freático tornam esse ambiente mais susceptível a problemas ambientais.



Figura 28 – Fotografias mostrando a exploração de basalto: 1 – exploração de cascalho; 2 – pedra desativada, paredão vertical de exploração de basalto. Foto: Ordilei Aparecido Gaspar de Melo - 2010

De maneira geral pode-se admitir que, as características morfológicas associadas às intervenções antrópicas vêm alterando a dinâmica natural da área de estudo, contribuindo na intensificação do escoamento concentrado e difuso, dos processos erosivos e de assoreamento dos leitos fluviais.

9.7 Carta de declividade

O escoamento superficial do terreno, é um processo natural, que, associado a extensão do comprimento de rampa e ao grau de declividade das vertentes pode ser fator determinante na fragilidade dos terrenos frente aos processos erosivos. Para Bigarella e Mazuchowski (1985), o escoamento superficial desempenha um papel decisivo no

mecanismo erosivo e a intensidade do fenômeno depende da velocidade, isto é, onde as vertentes são mais íngremes podem acentuar a velocidade do escoamento. Desta forma, Cunha (1995) diz que uma encosta com baixa declividade e comprimento de rampa, também pode ser vulnerável aos processos de erosão quando submetida a uma grande vazão de escoamento de águas superficiais, esse fator pode ocorrer dependendo das características de uso da área.

Para esta análise optou-se por seis classes de declividade, levando em conta que na área de estudo prevalecem as baixas declividades, as classes foram divididas da seguinte forma: 0-3%, 3-6%, 6-9%, 9-12%, 12-20% e de 20-30%.

Depois de analisadas as declividades da bacia do rio Baiano (Figura 29) pôde-se constatar que:

A classe com declividades menores que 3% abrangem uma área de cerca de 22,1 km² e é encontrada ao longo de toda a área, principalmente no vale do canal principal e no topo dos interflúvios, onde dominam os Latossolos em vertentes levemente convexas.

A classe de declividade entre 3 a 6% impera em toda bacia, podendo ser encontrada na baixa vertente próximo aos canais de drenagem, por vezes associadas às rupturas de declive.

A classe compreendida pelas classes de declividade de 6 a 9% são verificadas ao longo dos canais de drenagem. A classe de 9-12% pode ser encontrada ao longo das drenagens e na média vertente. A classe compreendida entre 12-20% desenvolve-se por vezes associadas às áreas de ruptura de declive. A classe de declividade de 20-30% compreende a menor área dentre as classes elencadas para este estudo, cerca de 0,0641 km², podendo ser encontradas de forma isolada no setor norte da bacia, associadas a cabeceiras de drenagem de pequenos afluentes do rio Baiano ou área de rupturas de declive dominadas por Cambissolos. A área ocupada por cada classe de declividade pode ser visualizada no quadro 14.

Classe de declividade em %	Área ocupada em Km ²
0-3	22,0873
3-6	21,4326
6-9	18,6887
9-12	5,6651
12-20	1,8462
20-30	0,0641
Total	69,784

Quadro 14 - Área ocupada pelas classes de declividade na bacia do rio Baiano

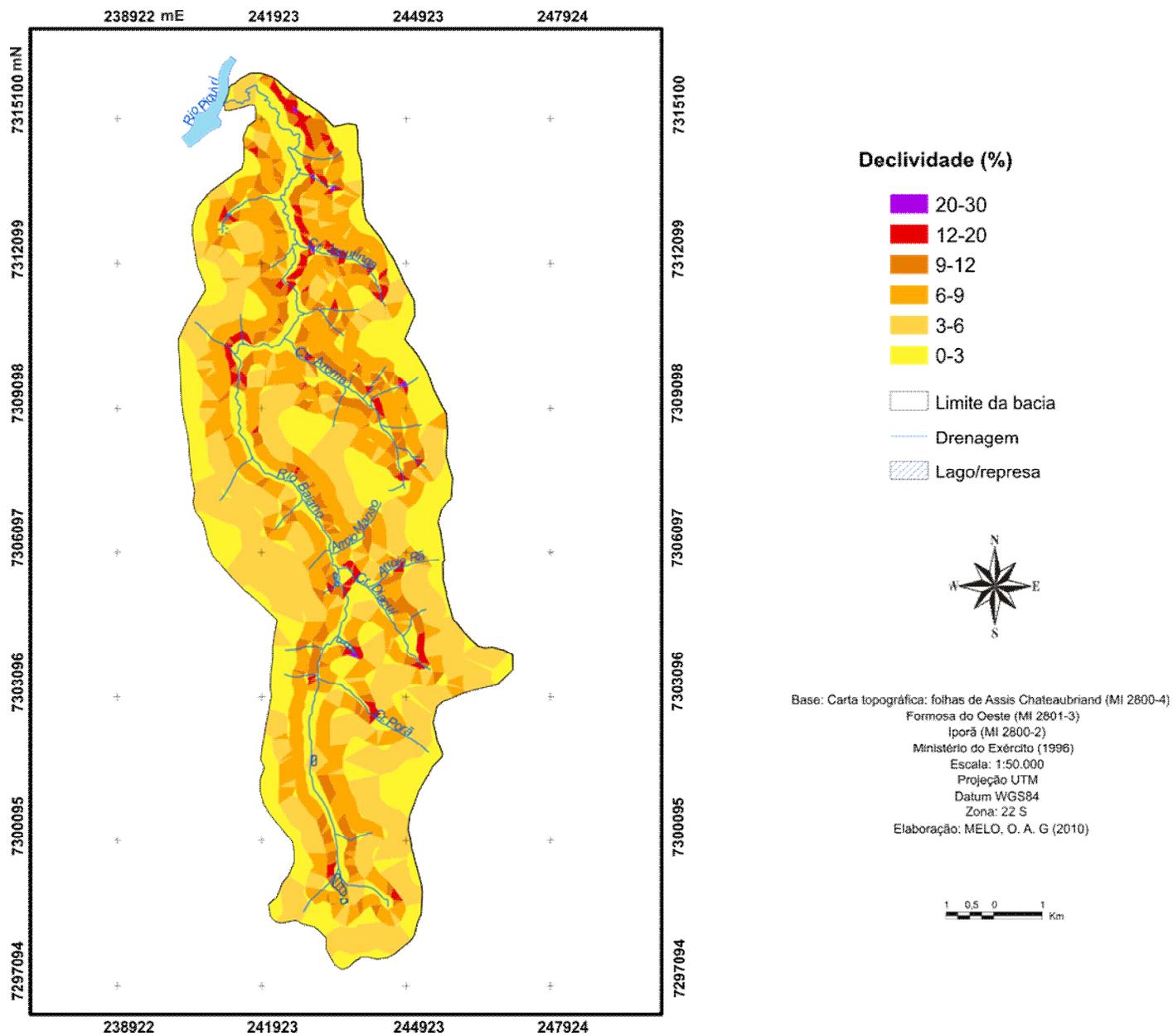


Figura 29 - Carta de classes de declividade da bacia hidrográfica do rio Baiano

10. VULNERABILIDADE AMBIENTAL DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO BAIANO

10.1 Carta de classes de fragilidade ambiental com base na proposta de Crepani et al (1996)

Os temas selecionados para a construção da carta de fragilidade ambiental da bacia hidrográfica do rio Baiano (Figura 30), como já mencionado na metodologia foram:

- 1) – Geologia;
- 2) – Classes de declividade;
- 3) – Graus de proteção exercidos pela vegetação;
- 4) – Clima;
- 5) – Tipos de solo.

Foram consideradas para este estudo as classes hierárquicas de fragilidade de muito baixa a muito forte, atribuídas às variáveis, porém quando realizada a análise integrada dos temas selecionados, a síntese resultou em quatro classes:

- a) Muito baixa, representada pela cor verde;
- b) Baixa, representada pela cor amarela;
- c) Média, representada pela cor laranja;
- d) Forte, representada pela cor vermelha.

A cor verde representa as classes de fragilidade muito baixas, que ocorrem nos três compartimentos da bacia, devido à baixa declividade das vertentes e aos tipos de solo, principalmente Nitossolos Vermelhos, essas áreas são menos propensas a riscos potenciais ou emergentes. O uso do solo nessas áreas, formado por fragmentos de floresta em sua maioria também foi determinante para os resultados alcançados. Essa classe ocorre principalmente no vale do rio Baiano e de seus afluentes e também no setor sul da bacia.

A classe de fragilidade baixa (cor amarela) abrange áreas de declividade mais acentuadas que a classes muito baixa, variando de 0 a 9% em sua maioria, os solos predominantes são os Latossolos Vermelhos de textura argilosa, o uso do solo engloba áreas de cultura temporária, além da malha urbana.

A área classificada como de risco médio (cor laranja) é mais expressiva no compartimento CII, influenciada pela maior dissecação do relevo, revelando declividades que variam de 9 a 12%, chegando em alguns pontos a aproximadamente 20%, com vertentes de comprimento de rampa menos extensos e interflúvios mais curtos, os solos predominantes são Nitossolos Vermelhos e o uso do solo caracteriza-se por culturas temporárias. Assim, no

cruzamento das informações, o maior peso das classes de declividade e das culturas temporárias predominantes, confirmou fragilidade ambiental média para essa área. Como pode-se observar na carta de fragilidade ambiental da bacia do rio Baiano (figura 30) a classe de fragilidade média abriga algumas descontinuidades, representadas por áreas pontuais de maior estabilidade.

As classes consideradas de risco forte, representadas na carta com a cor vermelha, são áreas pontuais nos compartimentos CI e CIII, onde a declividade das vertentes passa dos 20%, os solos são formados por Gleissolos ou solos pouco espessos como Cambissolos, neste caso o uso do solo também influi de maneira significativa, principalmente no compartimento CIII, onde localizam-se cicatrizes de exploração de cascalho e basalto. Desta forma, a declividade, os tipos de solo e o uso do solo configuram-se nas variáveis preponderantes para a delimitação dessa classe, além dos temas, clima e geologia que têm o mesmo peso para toda a bacia.

A caracterização da área de estudo, aliada aos produtos cartográficos temáticos básicos, permitiram a identificação da fragilidade ambiental potencial e emergente, apresentadas pelas características físicas e de uso e ocupação da bacia, demonstrando a importância da análise conjunta dos componentes da paisagem.

Diante do acima exposto, observam-se áreas que merecem especial atenção por se tratarem de áreas mais vulneráveis aos processos erosivos, possuindo relevo mais dissecado, solos pouco espessos ou muito friáveis, áreas onde o uso do solo não favorece a sua proteção ou onde os processos atuais são movidos por intervenções antrópicas muito agressivas como no caso das pedreiras existentes na bacia.

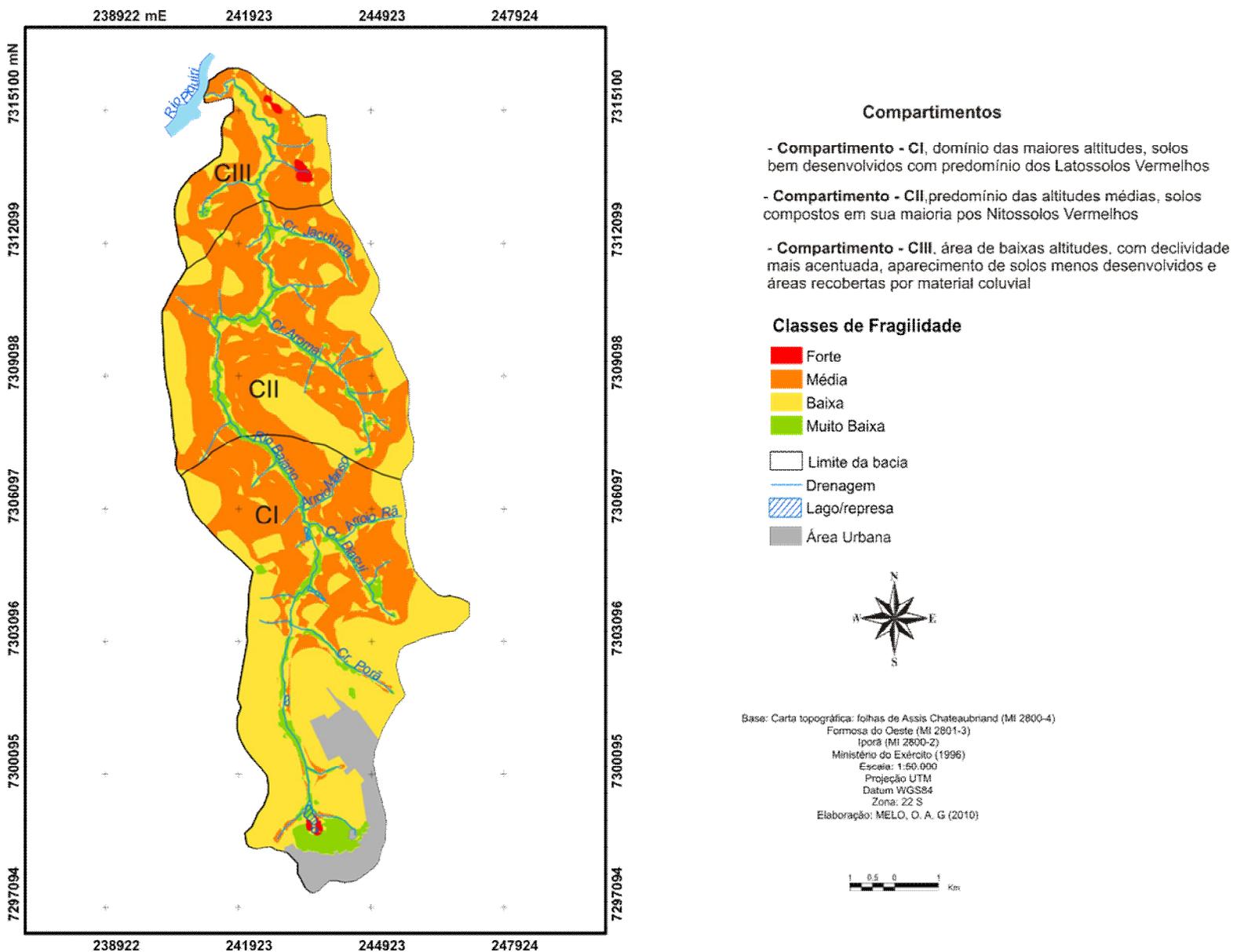


Figura 30 - Carta de classes de fragilidade ambiental da bacia hidrográfica do rio Baiano com base na proposta de Crepani et al (1996)

10.2 Carta de classes de fragilidade ambiental com base na proposta de Ross (1994)

Para a elaboração desta carta (Figura 31) foi considerada a correlação entre quatro variáveis:

- * Classes de declividade – categoria hierárquicas de muito fraca (1) a forte (4);
- * Solos – categorias hierárquicas de muito fraca (1) a muito forte (5);
- * Cobertura vegetal – índice de proteção muito alto (1) a baixo (4);
- * Pluviosidade – categoria hierárquica (2).

A cor verde representa as classes de fragilidade muito baixas, que ocorrem nos três compartimentos da bacia, principalmente no compartimento CI, resultante da combinação dos algarismos 1242, 1132, 1142, 1112, 1542, denotando a baixa declividade das vertentes (0-6%). Os solos são constituídos principalmente Latossolos Vermelhos e Nitossolos Vermelhos. Essas áreas são menos propensas a riscos potenciais ou emergentes. A proteção do solo exercida pela vegetação é média a baixa, ou seja, áreas ocupadas por culturas temporárias e urbanização.

A classe de fragilidade baixa (cor amarela) é predominante no compartimento CII, resultando da combinação 2142 e 2242, abrangendo áreas de declividade mais acentuadas, variando de 6 a 12%, os solos predominantes são os Nitossolos Vermelhos de textura argilosa, a cobertura vegetal é composta por culturas temporárias.

A área classificada como de risco médio (cor laranja), resulta da combinação 3132, 3212, 3242, 3442, e é mais expressiva nos compartimentos CII e CIII, influenciada pela maior dissecação do relevo, revelando declividades que variam de 12 a 20%, com vertentes de comprimento de rampa menos extensos e interflúvios mais curtos, os solos predominantes são Nitossolos Vermelhos, ocorrendo também Cambissolos e Latossolos Vermelhos, culturas temporárias caracterizam a cobertura vegetal.

As classes consideradas de risco forte, representadas na carta com a cor vermelha, são áreas pontuais nos três compartimentos, áreas com índice 4242, 4342, como uma cabeceira de drenagem localizada na área urbana no compartimento CI, locais onde a declividade das vertentes varia de 20 a 30%, os solos são formados por Gleissolos ou solos pouco espessos como Cambissolos, neste caso o uso do solo também influi de maneira significativa, principalmente no compartimento CIII, onde localizam-se cicatrizes de exploração de cascalho e basalto. A declividade, os tipos de solo e o uso do solo configuram-se nas variáveis

preponderantes para a delimitação de todas as classes, pois, o clima (intensidade pluviométrica) tem o mesmo peso para toda a bacia.

Diante do acima exposto, observa-se uma indicação de áreas que merecem especial atenção por se tratarem de áreas mais vulneráveis aos processos erosivos, possuindo relevo mais dissecado, solos pouco espessos ou muito friáveis, áreas onde o uso do solo não favorece a sua proteção ou onde os processos atuais são movidos por intervenções antrópicas muito agressivas como no caso das pedreiras existentes na bacia.

Assim, no cruzamento das informações, a forma como os dados foram modelados e o maior peso das classes de declividade, confirmaram a predominância de fragilidade ambiental muito baixa para a área, visto que a declividade da área, principal variável proposta na metodologia de Ross (1994), é, em sua maioria composta por classes muito baixas.

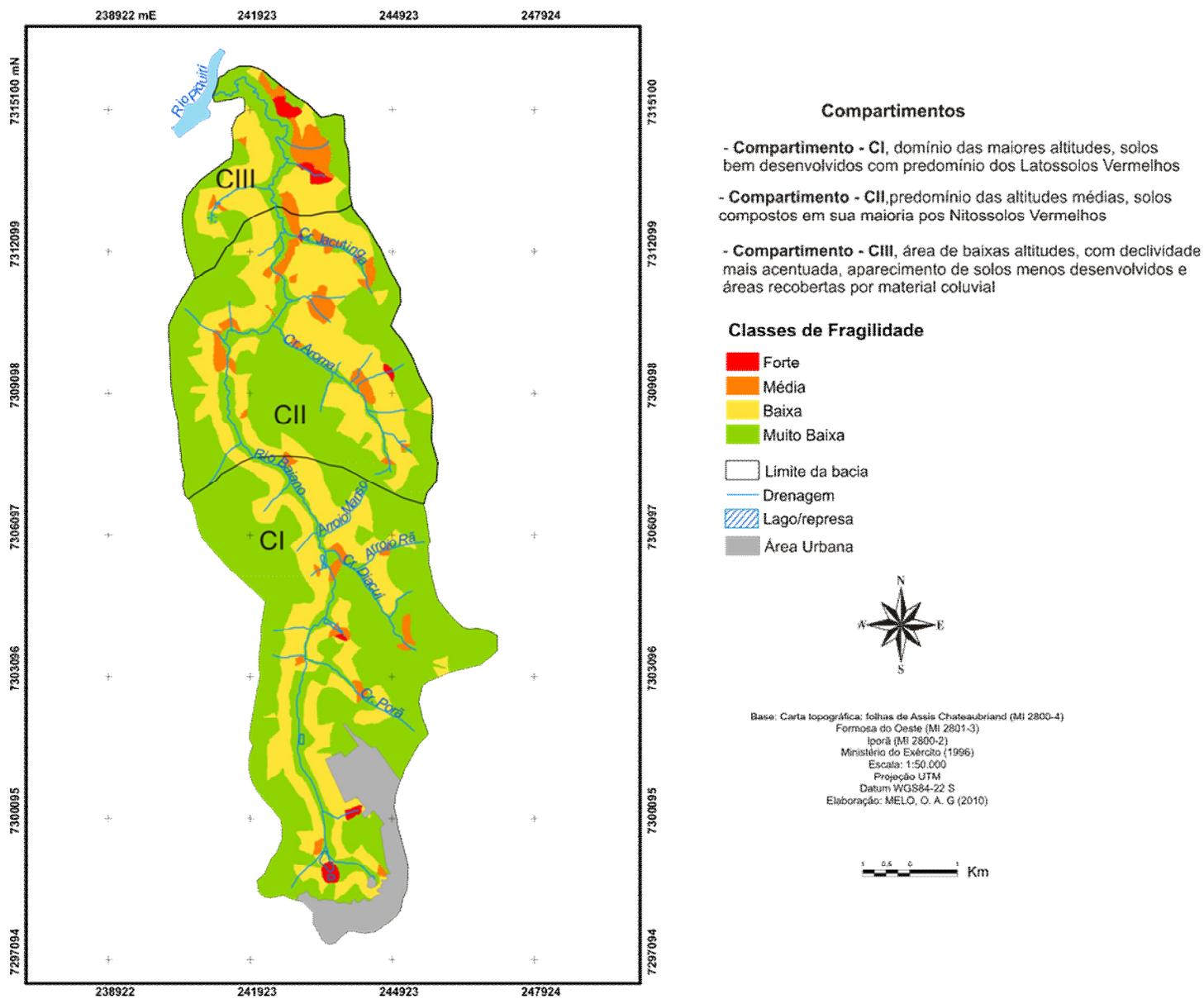


Figura 31 - Carta de fragilidade ambiental da bacia hidrográfica do rio Baiano com base na proposta de Ross (1994)

10.3 Carta de classes de fragilidade ambiental adaptada da proposta de Ross (1994)

Para a elaboração desta carta foi considerada a correlação entre três variáveis:

- * Classes de declividade – categoria hierárquicas de muito fraca (1) a forte (4);
- * Solos – categorias hierárquicas de muito fraca (1) a muito forte (5);
- * Cobertura vegetal/uso do solo – índice de proteção muito alto (1) a baixo (4);

A cor verde representa as classes de fragilidade muito baixas, que ocorrem nos três compartimentos da bacia, principalmente no compartimento CI, indicando a baixa declividade das vertentes (0-6%), os solos são constituídos principalmente por Nitossolos Vermelhos. A proteção do solo exercida pela vegetação é alta, ou seja, áreas ocupadas por floresta.

A classe de fragilidade baixa (cor amarela) ocorre nos três compartimentos, principalmente associadas aos topos das vertentes, abrangendo áreas de baixa declividade, variando de 0 a 3%, os solos predominantes são os Latossolos Vermelhos de textura argilosa, a cobertura vegetal é composta por culturas temporárias.

A área classificada como de risco médio (cor laranja) é a mais expressiva nos três compartimentos, influenciada pela maior dissecação do relevo, revelando declividades que variam de 0 a 12%, com vertentes de comprimento de rampa menos extensos e interflúvios mais curtos, os solos predominantes são Nitossolos Vermelhos, culturas temporárias caracterizam a cobertura vegetal.

As classes consideradas de risco forte, representadas na carta com a cor vermelha, são áreas pontuais nos três compartimentos, locais onde a declividade das vertentes varia de 12 a 20%, onde predominam Nitossolos Vermelhos e a cobertura vegetal é composta por culturas temporárias.

As classes consideradas de risco muito forte (cor marrom) são áreas onde os solos apresentam-se muito friáveis, como Gleissolos ou solos pouco espessos como Cambissolos, neste caso o uso do solo também influi de maneira significativa, principalmente no compartimento CIII, onde localizam-se cicatrizes de exploração de basalto como já mencionado. No compartimento CI, também foi atribuído alto risco para uma cabeceira de drenagem localizada na área urbana e uma área de influência do fluxo concentrado de águas pluviais que provoca uma agressiva feição erosiva (Figura 32).



Figura 32 – Fotografias mostrando áreas de fragilidade ambiental muito alta: 1 – cabeceira de drenagem próximo a área urbana; 2 e 3 – voçoroca provocada pelo fluxo concentrado de águas pluviais provenientes da área urbana; 4 – área de solos rasos, utilizada para exploração de basalto.

Foto: Ordilei Aparecido Gaspar de Melo - 2010

Este modelo é resultado do cruzamento dos temas cobertura vegetal/uso do solo, declividade e solos, os dados foram modelados de modo que as atividades humanas assumissem maior peso, confirmando a predominância de fragilidade ambiental média para a área, visto que a declividade, principal variável proposta na metodologia, foi substituída em importância pela variável cobertura vegetal/uso do solo, que, para a área em particular influencia a maior ou menor fragilidade potencial e emergente (Figura 33).

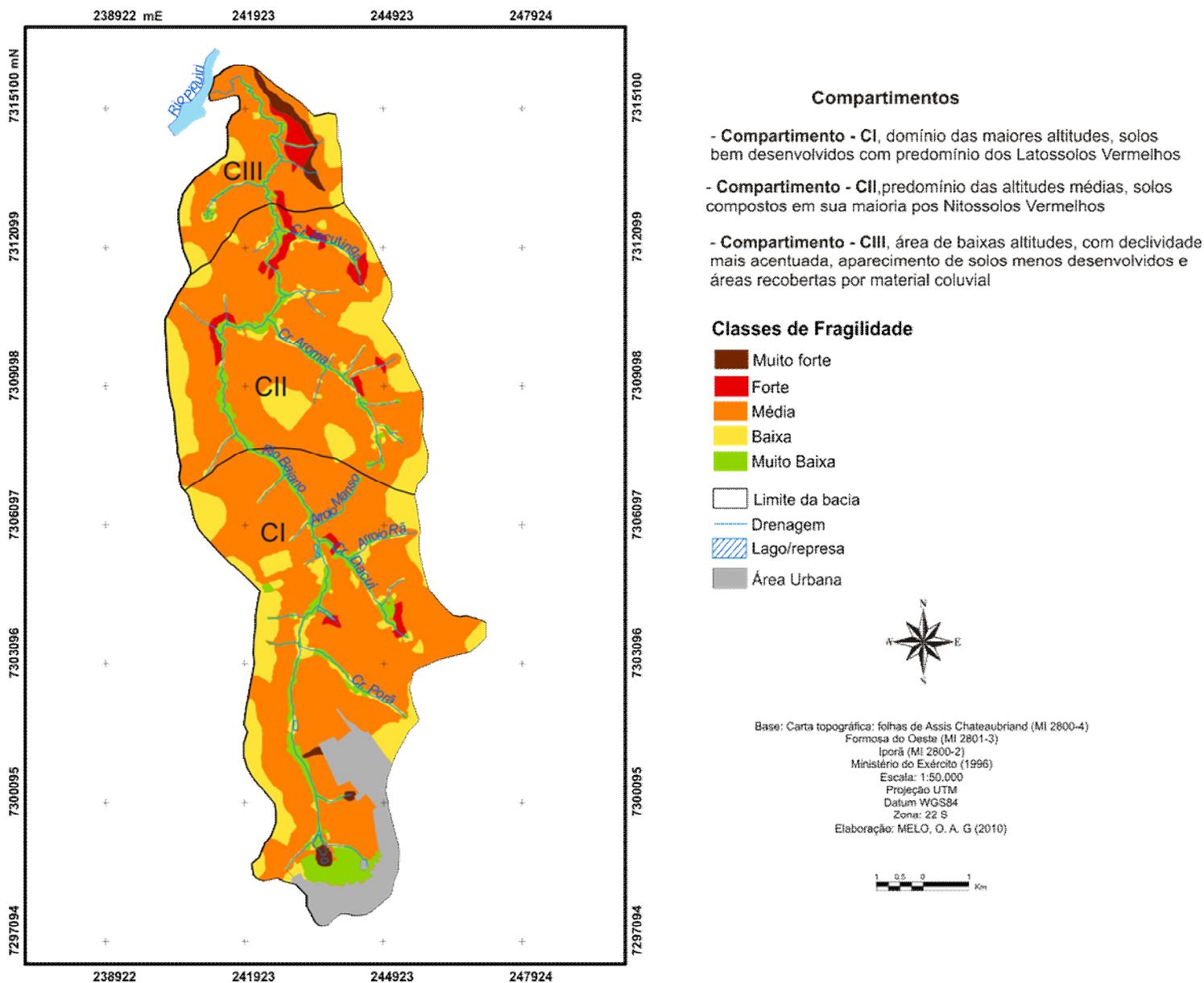


Figura 33 – Carta de fragilidade da bacia hidrográfica do rio Baiano com apoio na cobertura vegetal/uso do solo

11 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Em relação aos modelos de fragilidade ambiental, estes foram muito importantes para comparar a eficácia da modelagem de dados no apontamento das reais condições ambientais da área de estudo.

Quanto ao uso e ocupação do solo, foram identificadas poucas variações na bacia, apresentando áreas de culturas temporárias, fragmentos de floresta, poucas áreas de pastagem, além de parte da malha urbana do município. O uso do solo pouco diversificado, onde predominam áreas agrícolas vem a confirmar a vocação econômica local.

No que se refere à Geomorfologia, predominam na bacia vertentes retilíneas, com altitudes que variam entre 260 a 440m. As maiores declividades são verificadas principalmente no compartimento CIII. A forma da bacia, retangular, confere um baixo risco de alagamentos. A alta densidade de drenagem contribui para que as águas pluviais não realizem grandes percursos nas vertentes, minimizando assim sua ação quanto agente erosivo. A média pluviométrica do período estudado jan/1998 a dez/2009, apresentou uma média de 1933,2 mm/ano, evidenciando um regime bastante chuvoso para a região.

Nesta pesquisa foi possível realizar uma avaliação das características físicas e de uso e ocupação do solo da bacia hidrográfica do rio Baiano, e os resultados dessa interação. A avaliação dos modelos de fragilidade ambiental implica em compreender qualitativa e quantitativamente a relação entre as variáveis ambientais e socioeconômicas e a realidade de campo. Assim, a aplicação de três modelos de análise foram propostos:

O primeiro modelo adotado trata-se das Unidades Territoriais Básicas que sintetiza o resultado numa carta, onde todas as variáveis determinam a maior ou menor fragilidade potencial e emergente da área, isso ocorre durante a interrelação e mediação das mesmas, ou seja, utilização da média aritmética entre as variáveis. Desta forma assume-se que todas as variáveis teriam a mesma importância, resultando assim numa maior coerência com a realidade, porém, se numa determinada área uma das variáveis estiver influenciando mais significativamente o estado de equilíbrio/desequilíbrio dinâmico, esta não terá um peso maior “encobrendo” assim os resultados.

O segundo modelo empregado foi a análise empírica da fragilidade, este, por sua vez aponta a fragilidade ambiental dos ambientes naturais e antropizados através da combinação de quatro variáveis, relevo, solos, cobertura vegetal/uso do solo e clima (pluviosidade), onde o peso da primeira variável determina a fragilidade, enquanto que as demais seriam um complemento para precisar o estágio de estabilidade/instabilidade. Neste caso, a fragilidade é

indicada do ponto de vista natural, devido principalmente às condições de relevo, aqui representado pela declividade. Segundo este modelo, as atividades econômicas básicas perdem importância como agente transformador do ambiente, pois mesmo em área de baixas declividades da bacia há ocorrência de ravinas e voçorocas resultantes da falta de planejamento urbano. Assim, mesmo que a área tenha solos muito friáveis como Gleissolos, por exemplo, e a cobertura vegetal não favoreça a sua proteção, mas se o relevo for pouco dissecado, esta, será considerada de fragilidade muito baixa ou baixa.

A forma da modelagem dos dados para a obtenção dos graus de fragilidade reflete-se nas diferentes maneiras de ponderar a importância das variáveis selecionadas. É preciso salientar que os procedimentos operacionais podem não reproduzir fielmente a realidade de campo, pois a fragilidade não depende de apenas uma variável, mas de um conjunto. Em linhas gerais, quer dizer que super-valorizar o tema relevo (1º variável) pode atenuar a vulnerabilidade quando se trata de áreas com relevo pouco declivoso, mesmo se as outras variáveis (solo, cobertura vegetal/uso do solo, clima) apresentarem-se instáveis.

O terceiro modelo empregado foi adaptado do segundo a partir da combinação de três variáveis, cobertura vegetal/uso do solo, declividade e solos, onde o peso da primeira variável determina a fragilidade, enquanto que as demais seriam um complemento para precisar o estágio de estabilidade/instabilidade. Neste caso, a fragilidade é indicada com base nas condições de cobertura vegetal/uso do solo. Assim a modelagem de dados mostrou-se a mais compatível com a área em particular, pois a maioria dos impactos sobre a estabilidade do meio físico derivam de atividades humanas.

Quanto à degradação ambiental, os impactos mais sensíveis são de ordem ocupacional (fluxo concentrado das águas pluviais, cortes para exploração de basalto) e medidas administrativas ainda precisam ser tomadas (necessidade de obras e manutenção e contenção, legislação e fiscalização).

Buscou-se nesta pesquisa, assimilar modelos de avaliação da fragilidade ambiental para o reconhecimento da dinâmica ambiental local. Desta forma, depois de analisados os três modelos propostos, podemos deduzir que, optar por modelos geomatemáticos prontos nem sempre contemplam a realidade local, podendo criar distorções do resultado que se espera.

O terceiro modelo adaptado da metodologia de Ross, (1994) apresentou como resultado uma maior compatibilidade, revelando os agentes que realmente provocam modificações das condições ambientais. Este modelo é aplicável a esta área de pesquisa em particular, para aplicação em outras áreas será necessário um reconhecimento prévio dos elementos físicos e de uso e ocupação do solo, além de reconhecimentos de campo.

12 REFERÊNCIAS

ACKLAS Jr. R.; ETCHEBEHERE, M. L. C.; CASADO, F. C. Análise de perfis longitudinais de drenagens do Município de Guarulhos para a detecção de deformações neotectônicas. *Revista UnG – Geociências*, ano 6, n. 8, p. 64-78, 2003.

BACK, A. J. Análise morfométrica da bacia do Rio Urussanga - SC. In: **Revista Brasileira de Geomorfologia**, Uberlândia-MG: Selma Simões de Castro ano7, n.2. 2006.

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

BIGARELLA, J. J.; MAZUCHOWSKI, Y. Z, Visão integrada da problemática da erosão. **Simpósio Nacional de Controle de Erosão**, Maringá, PR: ABGFE, ADEA, 1985.

CARVALHO, N. O. **Hidrossedimentologia Prática**. CRM- Companhia de Recursos Naturais, Rio de Janeiro, RJ, 1994.

CHARLTON, R. *Fundamentals of Fluvial Geomorphology*, New York, Taylor & Francis, 2008.

CRHISTOFOLETTI, A. **Geomorfologia Fluvial**. São Paulo, SP: Edgard Blucher, 1981.

CRHISTOFOLETTI, A. **Geomorfologia**. 2 ed., São Paulo, SP: Edgard Blucher, 1980,188p.

CRHISTOFOLETTI, A. **Geomorfologia**. 2 ed., São Paulo, SP: Edgard Blucher, 1974.

CHRISTOFOLETTI, A. **Análise morfométrica das bacias hidrográficas do Planalto de Poços de Caldas (MG)**, (Tese de Livre-Docência), Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras, Rio Claro, 1970.

CHRISTOFOLETTI, A. Análise Morfométrica das Bacias Hidrográficas. **Notícia Geomorfológica**, Campinas, 9 (18), 1969.

CREPANI. E; MEDEIROS, J. S.; AZEVEDO, L. G.; DUARTE, V.; HERNANDES,P.; FLORENZANO. T. G. **Curso de Sensoriamento Remoto Aplicado ao Zoneamento Ecológico-Econômico**. São José dos Campos. INPE, 1996.

CREPANI. E; MEDEIROS, J. S.; HERNANDES,P; FLORENZANO. T. G; DUARTE, V.; BARBOSA. C. C. F. **Sensoriamento remoto e geoprocessamento aplicados ao Zoneamento Ecológico-econômico e ao ordenamento territorial**. São José dos Campos. INPE, 2001.

CUNHA, S. B. **Uma atualização de bases e conceitos**, 2 ed (organizadora) Eletrônica, Rio de Janeiro - Rj, 1995.

CUNHA, S. B.; GUERRA, A. J. T. Degradação Ambiental. In: **Geomorfologia e meio ambiente**. Rio de Janeiro – Rj: Bertrand Brasil, 1996. p. 337-376.

CUNHA, S. B. **Uma atualização de bases e conceitos: Perfil longitudinal dos rios em equilíbrio.** Eletrônica, Rio de Janeiro - Rj, 1996.

DOUHI, N. **Análise das condições físico-ocupacionais e suas implicações no comportamento hídrico da bacia hidrográfica do rio Xaxim-Prudentópolis-Pr.** Maringá, 2004. 127f. Dissertação (Mestrado em Geografia) Universidade Estadual de Maringá.

EMBRAPA. **Manual de Métodos de Análise de Solo.** 2 ed Rio de Janeiro – Rj. Serviço de produção de informação. 1997.

EMBRAPA. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos,** Embrapa Solos. Rio de Janeiro – Rj, 2006.

ETCHEBEHERE, M.L.C. **Terraços neo-quaternários no vale do rio do Peixe, planalto ocidental paulista: Implicações stratigráficas e tectônicas.** Tese de doutorado, UNESP, Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Rio Claro, SP, 2000.

GRANELL-PÉREZ, María del Carmen. **Trabalhando geografia com as cartas topográficas.** Ijuí, RS: Unijuí, 2001.128p.

GRIGORIEV, A. A. *The Theoretical Fundaments of Modern Physical Geography.* In: ***The Interaction of Sciences in the Earth,*** Moscou, 1968.

GUEDES, I. C.; SANTONI, G. C.; ETCHEBEHERE, M. L. C.; STEVAUX, J. C.; MORALES, N.; SAAD, A. C. Análise de perfis longitudinais de drenagens da bacia do rio Santo Inácio(SP) para detecção de possíveis deformações neotectônicas. ***Revista UNG - Geociências,*** v. 5, nº 1, 75-102, 2006.

GUERRA, A. J. T.; CUNHA, S. B. Degradação ambiental. In: GUERRA, A. J. T.; CUNHA, S. B. (org). **Geomorfologia e meio ambiente.** Rio de Janeiro - Rj: Bertrand Brasil. 1996.

HACK, J.T. **Stream-profile analysis and stream-gradient index.** U.S. Geol. Survey, Jour. Research, 1(4): 421-429, 1973.

IBGE. **Recursos Naturais e Meio Ambiente: uma visão do Brasil.** 2 ed. Rio de Janeiro - RJ. DEDIT/CDDI, 1997. p. 113.

IBGE. **Comunicação social 30 de junho de 2006.** Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/home/presidência/notícias/notíciavisualisa.php?id-notícia=635id página=1>>. Acesso: em 30 de maio de 2008.

IBGE. **Manual Técnico de Pedologia.** 2 ed. Rio de Janeiro - RJ. DEDIT/CDDI, 2007.

IBGE. **Anuário Estatístico do Brasil - 2007.**

INPE – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. Disponível em: <http://www.dgi.inpe.br>. Acesso: em 12 de setembro de 2008.

ITCG – Instituto de Terras, Cartografia e Geodésia. Disponível em: <http://www.itcg.pr.gov.br/modules/conteudo/conteudo.php?conteudo=51>. Acesso: em 04 de maio de 2009.

KAWAKUBO, F. S.; MORATO, R. G.; CAMPOS, K. C.; LUCHUARI, A.; ROSS, J. L. S. Caracterização empírica da fragilidade ambiental utilizando geoprocessamento. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, abril 2005, Goiânia-Go. **Anais**. São José dos Campos INPE, 2005. p. 2203-2210.

KNIGHTON, D. **Fluvial forms & processes**. Londres. Arnold, 1998, 383p.

KÖEPPEN, W. **Climatologia. Com um estudo de los climas de La tierra**. In: IAPAR. Cartas climáticas Básicas do Estado do Paraná, Londrina – Pr: 1948.

LEINZ, V. P. Contribuição à geologia dos derrames basálticos do sul do Brasil, F. F. CI, USP, **Boletim de Geografia**, nº 5, São Paulo, SP: 1949.

LIMA, S. M. **Morfologia urbana e qualidade de vida na cidade de Assis Chateaubriand/Pr**. (Dissertação Mestrado), Departamento de Geografia-Programa de Pós-Graduação-UEM-PR, 2004.

MAACK, R. **Geografia física do Estado do Paraná**. 2 ed. Curitiba-Pr: J. Olimpio, 1981.

MAIOR, L.S. **Histórico do município de Assis Chateaubriand**. Maringá, Pr: Clichetec, 1996.

MINEROPAR. **Avaliação Geológica e Geotécnica para o Planejamento Territorial e Urbano do Município de Assis Chateaubriand**. Relatório final. Curitiba – Pr: 2006.

MOREIRA, M. L. O. Diagnóstico ambiental: um instrumento. In: Simpósio Nacional de Controle de Erosão, 6., 1998, Presidente Prudente. **Anais...**Presidente Prudente: FINEP, 1998.

NAKASHIMA, P.; NÓBREGA, M. T. Solos do Terceiro Planalto do Paraná – Brasil. In: I ENCONTRO GEOTÉCNICO DO TERCEIRO PLANALTO PARANAENSE, 2003. Maringá. **Anais...** Maringá: UEM, 2003. 1 CD ROM.

NASA. Disponível em: <http://zulu.ssc.nasa.gov/mrsid>. Acesso: em 23 de junho de 2008.

NASA – SRTM disponível em: dds.cr.usgs.gov/srtm/version1/South_America/ acesso em 2009

NIMER, E. **Climatologia do Brasil**. Superintendência de Recursos Naturais e Meio Ambiente (SUPREM). Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, Rio de Janeiro, 1979.

NÓBREGA, M. T.; GASPARETTO, N.V. L.; NAKASHIMA, P. Metodologia para cartografia geotécnica de Umuarama, Paraná. **Boletim de Geografia-UEM**, v. 10. n1, Maringá-Pr, 1992.

PINESE, J. P. P.; NARDY, A. J. R. Contexto Geológico da Formação Serra Geral no Terceiro Planalto Paranaense. In: I ENCONTRO GEOTÉCNICO DO TERCEIRO PLANALTO PARANAENSE, 2003. Maringá. **Anais...** Maringá: UEM, 2003. 1 CD ROM.
POPP, J. H. **Geologia Geral**. Rio de Janeiro: LTC, 1987.

REIS NAKASHIMA, M. S. **Análise dos processos erosivos e da Fragilidade Ambiental na Bacia do Rio Keller-PR** (Tese de Doutorado)- Universidade de São Paulo, São Paulo, 1999.

RIFFEL, S. B.; **Curva hipsométrica no mapeamento de Paleosuperfícies: abordagem quantitativa**. Dissertação (Mestrado em Geologia), Setor de Ciências da Terra de Geografia-Programa de Pós-Graduação UFPR-PR, 2005.

ROSS, J. L. S. O registro cartográfico dos fatos geomórficos e a questão da taxonomia do relevo. In: **Revista do departamento de Geografia**, FFLCH/ USP. São Paulo, 1992.

ROSS, J. L. S. Análise empírica da fragilidade dos ambientes naturais e antropizados. In: **Revista do departamento de Geografia**, FFLCH/ USP. São Paulo, 1994.

ROSS, J. L. S. Geomorfologia Aplicada aos EIAs-RIMAs. In: **Geomorfologia e Meio Ambiente**. Org. Guerra, A. J. T. e Cunha, S. B. Rio de Janeiro: Ed. BCD União de Editoras S/A, 1996.

SANTOS. I.; VITTE, A. C. Proposta de mapeamento da fragilidade ambiental na bacia hidrográfica do rio Palmital, Região Metropolitana de Curitiba. In: I FÓRUM GEO BIO-HIDROGRAFIA: ESTUDO DE VERTENTES E MICROBACIAS HIDROGRÁFICAS, 1998. Curitiba. **Anais...** Curitiba UFPR-PR, 1998.

SANTOS, L. J. C.; CHISATO, O. F.; CANALI, E.; FIORI, A. P.; SILVEIRA, C. T.; SILVA, J. M. F.; ROSS, J. L. S. Mapeamento Geomorfológico do Estado do Paraná. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, ano 7. n. 2, p. 3-12. 2006.

SANTOS, L.J.C.; CHISATO, O.F.; CANALI, E.; FIORI, A.P.; SILVEIRA, C.T.; SILVA, J.M.F. Mapeamento da vulnerabilidade geoambiental do Estado do Paraná. **Revista Brasileira de Geociências**, 37 (4), p. 812-820. 2007.

SANTOS, M. **Urbanização brasileira**. 5 ed. São Paulo-SP: Hucitec, 1996.

SANTOS, R. F. **Planejamento ambiental: teoria e prática**. São Paulo-Sp: Oficina de textos, 2004. 184 p.

SILVEIRA, A. L. L. Ciclo hidrológico e bacia hidrográfica. In: TUCCI, C. E. M. (Org.). **Hidrologia: ciência e aplicação**. 2.ed. Porto Alegre: Editora da Universidade: ABRH, 1997. Cap.2, p.35-51. (Coleção ABRH de Recursos Hídricos; v.4).

SOTCHAVA, V. B. **O Estudo dos Geossistemas**. In: Métodos em questão, 16. IGEOG-USP. São Paulo, 1977.

SPÖRL, C.; ROSS, J. L. S. **Análise comparativa da fragilidade ambiental com aplicação de três modelos**. GEOUSP – Espaço e Tempo. São Paulo, SP. N°15. 2004.

SPÖRL, C. **Análise da fragilidade ambiental relevo-solo com aplicação de três modelos alternativos nas altas bacias do rio Jaguari-Mirim, Ribeirão do Quartel e Ribeirão da Prata** (Dissertação de mestrado). São Paulo: FFLCH – USP, 2001.

STRALLER, A. N. Dynamic basin of geomorphology. **Geological Society of America Bulletin**. V. 63. p. 923-938, 1952.

TOMAZONI, Júlio C. **Método para o Levantamento Utilitário de Microbacias Hidrográficas e Classificação da Cobertura Pedológica de Acordo com sua Capacidade de Uso através de Geoprocessamento**. Tese de Doutorado, Universidade Federal do Paraná, 2002.

TRICART, J. **Ecodinâmica**. FBGE, Rio de Janeiro-Rj, 1977.

TUCCI, C. E. M. e tal. **Hidrologia: Ciência e Aplicação**. 2 ed. Editora da Universidade ABRH, Porto Alegre, RS, 1997.

WHITE, L. C. **Relatório final da comissão de estudos de minas de carvão de Pedra do Brasil**. Rio de Janeiro, RJ: Imprensa Nacional, 1908.

VILLELA, S. M. e MATTOS, A. **Hidrologia aplicada**. São Paulo: McGraw-Hill do Brasil, 1975.