

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO  
CENTRO DE CIÊNCIAS HUMANAS E NATURAIS  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOGRAFIA**

**VAILSON SCHINEIDER**

**Mapeamento geomorfológico e zoneamento ambiental de  
fragilidades na bacia hidrográfica do Rio Barra Seca – Espírito  
Santo**



**Vitória**

**2011**

**VAILSON SCHINEIDER**

**Mapeamento geomorfológico e zoneamento ambiental de  
fragilidades na bacia hidrográfica do Rio Barra Seca – Espírito  
Santo**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Geografia do Centro de Ciências Humanas e Naturais da Universidade Federal do Espírito Santo, para a obtenção do título de mestre em Geografia.

Linha de pesquisa: mapeamento geomorfológico, bacias hidrográficas e zoneamento ambiental.

Orientador: Prof. Dr. Antônio Celso de Oliveira Goulart

Dados Internacionais de Catalogação-na-publicação (CIP)  
(Biblioteca Central da Universidade Federal do Espírito Santo, ES, Brasil)

---

S336m Schineider, Vailson, 1972-  
Mapeamento geomorfológico e zoneamento ambiental de fragilidades na bacia hidrográfica do Rio Barra Seca – Espírito Santo / Vailson Schineider. – 2011.  
138 f. : il.

Orientador: Antônio Celso de Oliveira Goulart.  
Dissertação (Mestrado em Geografia) – Universidade Federal do Espírito Santo, Centro de Ciências Humanas e Naturais.

1. Mapeamento geomorfológico. 2. Zoneamento. 3. Bacias hidrográficas. I. Goulart, Antônio Celso de Oliveira. II. Universidade Federal do Espírito Santo. Centro de Ciências Humanas e Naturais. III. Título.

CDU: 91

---

**“MAPEAMENTO GEOMORFOLÓGICO E  
ZONEAMENTO AMBIENTAL DE FRAGILIDADES  
NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO BARRA  
SECA”**

**Vailson Schineider**

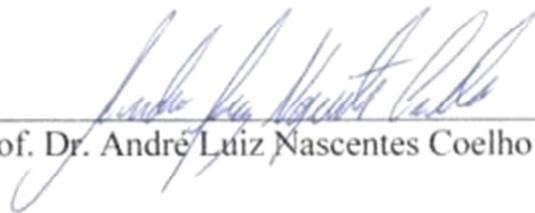
Dissertação submetida ao Programa de Pós-Graduação em Geografia da Universidade Federal do Espírito Santo como requisito parcial para a obtenção do título de Mestre em Geografia.

Aprovada em 01 de Setembro de 2011 por:



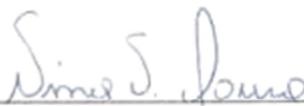
---

Prof. Dr. Antonio Celso de Oliveira Goulart - Orientador - UFES



---

Prof. Dr. André Luiz Nascentes Coelho - UFES



---

Prof. Dr.ª Nina Simone Vilaverde Moura -UFRGS

Sei estar abatido, e sei também ter abundância; em toda a maneira, e em todas as coisas estou instruído, tanto a ter fartura, como a ter fome; tanto a ter abundância, como a padecer necessidade.

Posso todas as coisas em Cristo que me fortalece (*Filipenses 4: 12 e 13*).

## **Agradecimentos**

À minha mulher, Maria da Penha, e meus dois tesouros, Mateus e Cecília, pela paciência durante as muitas horas que não pude dar atenção;

Aos meus pais, pelos ensinamentos preciosos de honestidade, o legado de trabalho e simplicidade e pela confiança na minha vitória;

Ao meu orientador, prof<sup>o</sup> Celso, pelas boas conversas e orientações técnicas durante o trabalho;

Aos meus colegas de serviço público, Antônio Estevão, Maria Hortência, Artur, Mário Sartori, Joseney Moro, Léo e Jésus Miranda, por compartilharem da vasta experiência técnica de campo nas áreas da geografia, cartografia e agronomia;

Ao Departamento de Geografia da UFES, pela oportunidade de concretizar a aspiração de um mestrado;

Ao prof<sup>o</sup> André Nascentes, pelas orientações preciosas nas ferramentas dos programas de SIG;

A todos os colegas, alunos do mestrado, nas vezes que trocamos idéias e opiniões que muito contribuíram no desenvolvimento deste trabalho;

Ao Instituto de Defesa Agropecuária e Florestal do Espírito Santo, pela concessão de horário especial para cursar as disciplinas obrigatórias;

A Deus, a força que me sustém nos momentos de fraqueza e impulsiona nas horas de desânimo.

## Resumo

É crescente o papel da geomorfologia como disciplina integradora das ciências da terra nas abordagens de cunho ambiental, voltadas ao ordenamento territorial nos espaços rurais e urbanos das sociedades. Neste sentido, o propósito deste trabalho foca duas metas principais: a confecção do mapa geomorfológico na escala de 1:100.000 para a bacia hidrográfica do Rio Barra Seca, situada no norte/noroeste do Espírito Santo, como contribuição às bases fundamentais para levantamentos físicos do Estado, tendo em vista o vácuo de trabalhos voltados a essa temática e a limitação escalar do RADAMBRASIL em relação a trabalhos de maior detalhamento. Em segundo lugar, elaborar com base na geomorfologia local um zoneamento ambiental de fragilidade à erosão, analisando as virtudes e as limitações naturais dos subespaços da bacia, aplicando para isso a metodologia de análise empírica de fragilidade do relevo proposta por Ross (1994). As metodologias eleitas para a condução da pesquisa se mostraram vantajosas por propiciarem agilidade quanto aos resultados, serem de fácil compreensão e aplicação; e eficientes, por apresentarem resultados condizentes com a escala e com a realidade encontrada na área de estudo.

**Palavras-chave:** mapeamento geomorfológico, zoneamento, fragilidade e bacia hidrográfica.

## **Abstract**

A growing role of geomorphology as a discipline integrating earth science approaches to the environmental nature, focusing on land use in rural and urban societies. In this sense, the purpose of this work focuses on two main goals: the making of the geomorphological map at a scale of 1:100,000 for the River Basin Barra Seca, located in the north / northwest of the State of the Espírito Santo, as a contribution to the fundamental bases for the physical removal in the State, in view of the vacuum work aimed at this issue and limiting the scale RADAMBRASIL for more detailed work. Secondly, based on local geomorphology an environmental zoning of fragility to erosion, analyzing the strengths and limitations of natural subspaces of the basin, applying it to the methodology of empirical analysis of fragility of the relief proposed by Ross (1994). The methods chosen for conducting the research proved advantageous for providing flexibility as to the results, are easy to understand and implement, and efficient, by presenting results commensurate with the scale and the reality found in the study area.

**Keywords:** geomorphological mapping, zoning, fragility and river basin.

## Lista de figuras

Figura 3.1: Perímetro trabalhado na bacia hidrográfica do Rio Barra Seca	39
Figura 3.2: Localização da bacia hidrográfica do Rio Barra Seca	40
Figura 3.3: Antiga usina hidrelétrica de Barra Seca	42
Figura 3.4: Classes altimétricas da bacia hidrográfica do Rio Barra Seca	43
Figura 3.5: Perfil topográfico do Rio Barra Seca	44
Figura 3.6: Uso e ocupação da terra na bacia hidrográfica do Rio Barra Seca	47
Figura 3.7: Solo exposto em vertente de colina	48
Figura 3.8: Unidades taxonômicas do relevo	52
Figura 3.9: Comparativo dos MDTs SRTM, Aster e Iema/Vale	58
Figura 3.10: Mapa geomorfológico parcial da bacia do Rio Barra Seca	62
Figura 4.1: Linha de pedras visualizada em corte de estrada na unidade	68
Figura 4.2: Superfície colinosa intercalada por vale de acumulação	69
Figura 4.3: Colina residual situada no baixo curso do Rio Barra Seca	70
Figura 4.4: Unidade de Morros e Serras	71
Figura 4.5: Unidade de Morrotes	72
Figura 4.6: Montanhas isolados na cabeceira do Rio Barra Seca	73
Figura 4.7: Rampas de Pedimentos	74
Figura 4.8: Rampas de Pedimentos localizadas no Córrego do Jacaré	74
Figura 4.9: Blocos de concreções lateríticas exumados	76
Figura 4.10: Depressão Pseudo-Cárstica	77
Figura 4.11: Esboço esquemático dos principais padrões das unidades morfológicas presentes no relevo tabular	78
Figura 4.12: Fisionomia da unidade de Tabuleiros Muito Dissecados	79
Figura 4.13: Relevo tabular pouco dissecado com fundo de vale plano	81
Figura 4.14: Tabuleiros isolados	81
Figura 4.15: Escarpas de Tabuleiros	82

Figura 4.16: Represamento natural provocado por cordões arenosos	85
Figura 4.17: Planície Fluvial drenada	87
Figura 4.18: Planície Lagunar	88
Figura 4.19: Planície Lagunar à margem da BR 101	88
Figura 4.20: Fases de deposição para a Formação Barreiras	92
Figura 5.1: Diagrama simplificado do esquema de composição do mapa de fragilidade ambiental	106
Figura 5.2: Mapa clinométrico da bacia hidrográfica do Rio Barra Seca	108
Figura 5.3: Mapa de solos da bacia hidrográfica do Rio Barra	111
Figura 5.4: Mapa de fragilidade da bacia do Rio Barra Seca	115
Figura 5.5: Área de Tabuleiro florestado com baixa propensão a processos erosivos	118
Figura 5.6: Área de fragilidade moderada	119
Figura 5.7: Vertente íngreme com pasto degradado em área de fragilidade alta	120
Figura 5.8: Cicatriz de movimento de massa ocupada por pastagem	121
Figura 5.9: Voçorocamento em margem de estrada	122
Figura 5.10: Vertente com solo exposto em área de pasto abandonado	123
Figura 5.11: Argissolo Vermelho com horizonte orgânico totalmente erodido	123

## Lista de tabelas

Tabela 3.1: Formas de relevo	53
Tabela 3.2: Matriz de índice de dissecação do relevo	54
Tabela 3.3: Nomenclatura das unidades de relevo	60
Tabela 3.4: Matiz de cores aplicadas nas unidades de relevo mapeadas	61
Tabela 4.1: Caracterização morfométrica das unidades de relevo	64
Tabela 4.2: Geomorfologia da bacia do Rio Barra Seca	65
Tabela 5.1: Categorias hierárquicas de clinometria e relevo	107
Tabela 5.2: Categorias hierárquicas da matriz de dissecação do relevo	107
Tabela 5.3: Categorias hierárquicas de associações de solos	110
Tabela 5.5: Categorias hierárquicas de proteção dos solos	112

## Sumário

### **Capítulo 1: Introdução**

1.1 Considerações iniciais	16
1.2 Objetivos da pesquisa e procedimentos tecnico-operacionais	17
1.3 Base teórica e metodologia	18

### **Capítulo 2: Introdução ao estudo de geomorfologia aplicada ao zoneamento ambiental**

2.1 Geomorfologia e zoneamento ambiental	22
2.2 Geomorfologia aplicada	25
2.3 Sistemas de informações geográficas e geomorfologia	29
2.4 Geomorfologia e estudos ambientais integrados	32
2.5 Considerações	36

### **Capítulo 3: Bacia hidrográfica do Rio Barra Seca**

3.1 Recorte espacial e caracterização geral	38
3.2 Mapeamento geomorfológico	48
3.2.1 Cartografia geomorfológica	48
3.2.2 Mapeamento automático	55
3.2.3 Mapeamento geomorfológico da bacia hidrográfica do Rio Barra Seca	59
3.3 Considerações	61

### **Capítulo 4: Compartimentos e unidades geomorfológicas da bacia hidrográfica do Rio Barra Seca**

4.1 Aspectos gerais	64
4.2 Faixa de Dobramentos Remobilizados	65
4.2.1 Superfície Pré-litorânea	66

4.2.1.1	Unidade de Colinas	67
4.2.1.2	Unidade de Colinas Isoladas	69
4.2.1.3	Unidade de Morros e Serras	70
4.2.1.4	Unidade de Morrotes	71
4.2.1.5	Unidade de Montanhas Residuais	72
4.2.1.6	Unidade de Rampas de Pedimentos	73
4.3	Depósitos Sedimentares Terciários da Formação Barreiras	74
4.3.1	Tabuleiros Costeiros	76
4.3.1.1	Unidade de Tabuleiros Muito Dissecados	78
4.3.1.2	Unidade de Tabuleiros Pouco Dissecados	80
4.3.1.3	Unidade de Escarpas	81
4.3.1.4	Depressões Pseudo-Cársticas	83
4.4	Depósitos Sedimentares Quaternários	84
4.4.1	Planície Flúvio-Lagunar	84
4.4.1.1	Unidade de Planície Fluvial	86
4.4.1.2	Unidade de Planície Lagunar	87
4.5	Geomorfogênese	89
4.6	Considerações	95

## **Capítulo 5: Zoneamento ambiental - caracterização empírica da fragilidade ambiental da bacia hidrográfica do Rio Barra Seca**

5.1	Zoneamento ambiental	98
5.2	Dos procedimentos operacionais adotados	104
5.2.1	Variável Geomorfológica	106
5.2.2	Variável Solo	109
5.2.3	Variável uso e ocupação da Terra	112
5.3	Integração das informações em SIG	113

5.4 Níveis de fragilidade e contexto geomorfológico	116
5.4.1 Sistema ambiental de baixa fragilidade	117
5.4.2 Sistema ambiental de média fragilidade	118
5.4.3 Sistema ambiental de alta fragilidade	119
5.4.4 Sistema ambiental de fragilidade muito alta	121
5.5 Considerações	124

## **Capítulo 6: Considerações finais**

6.1 Considerações finais	128
6.2 Referências bibliográficas	133

## **Anexo: Mapa geomorfológico da bacia hidrográfica do Rio Barra Seca**

# **CAPÍTULO 1**

## **Introdução**

## 1.1 Considerações iniciais

Estudos geográficos voltados a aplicações ambientais são essenciais na projeção e implementação de qualquer empreendimento que desencadeie modificações espaciais no ambiente, seja o natural ou o alterado pela ação do homem. Tais estudos recebem outras nomenclaturas na legislação brasileira como Estudos de Impacto Ambiental (EIA), Relatório de Impacto ambiental (RIMA) e Zoneamento Ecológico Econômico (ZEE). Os consideramos geográficos pelo simples fato de abordarem essencialmente a inter-relação dos elementos-chave da geografia: o espaço social e a natureza. Os estudos geográficos se colocam como peças importantes para o planejamento em suas diversas escalas: do local ao regional, pois podem contribuir substancialmente na otimização do uso dos espaços evidenciando suas virtudes e/ou limitações naturais frente aos projetos de ocupação e exploração dos recursos naturais pelas sociedades. Este tipo de pesquisa não é prerrogativa exclusiva da geografia, pelo contrário, tem sido adotada por outras disciplinas das ciências naturais, configurando naquilo que se convencionou chamar de “transdisciplinaridade”. É praticamente inconcebível na atual conjuntura realizar uma pesquisa voltada à temática ambiental que não se utilize de informações, conceitos e metodologias multidisciplinares.

Apesar da integração transdisciplinar resultar em contribuições importantes para as ações de planejamento e ordenamento territorial, os estudos geográficos, sobretudo os brasileiros, esbarram na limitação de dados geoespaciais básicos que favoreçam o desenvolvimento de pesquisas em escalas de maior detalhamento. As bases de cartografia sistemática do Instituto Brasileiro de

Geografia e Estatística (IBGE), por exemplo, contemplam na maior parte do território nacional apenas escalas de 1:100.000 e 1:250.000; enquanto o mapeamento físico de geologia, solos, relevo e geomorfologia, executados pelo projeto RADAMBRASIL durante a década de 1980, foi confeccionado na escala de 1:1.000.000, com precisão cartográfica chegando à escala de 1:250.000. Os dados do Radam são com frequência utilizados em diagnósticos regionais proporcionais às escalas sobre as quais foram construídos, contudo, em função do reduzido detalhamento propiciado pela respectiva escala, não são suficientes para estudos físicos locais de maior precisão, importantes para o planejamento municipal ou microrregional.

## **1.2 Objetivos da pesquisa e procedimentos tecnico-operacionais**

O propósito deste trabalho vislumbra dois objetivos principais: o primeiro é a confecção do mapa geomorfológico na escala de 1:100.000 para a bacia hidrográfica do Rio Barra Seca, situada no norte/noroeste do estado do Espírito Santo. O mapeamento representa uma contribuição com as bases fundamentais para levantamentos físicos no Estado, tendo em vista o vácuo de trabalhos voltados a essa temática e a limitação escalar do RADAMBRASIL. O segundo, elaborar um zoneamento ambiental de fragilidade a processos erosivos com base na geomorfologia local, analisando as virtudes e as limitações naturais dos subespaços da bacia, aplicando para isso a metodologia de análise empírica de fragilidade do relevo proposta por Ross (1994).

O trabalho divide-se em seis capítulos: no primeiro expomos os aspectos

introdutórios; no segundo, discutimos pontos que julgamos relevantes sobre o papel atual da geografia física, sobretudo da geomorfologia, frente aos estudos ambientais integrados, resgatando para isso algumas contribuições importantes para trabalhos sistemáticos de geografia física de autores como Tricart. No terceiro capítulo destacamos aspectos geográficos gerais da área de estudo; no quarto, tratamos do mapeamento geomorfológico e das respectivas controvérsias e métodos que permeiam este tema. No quinto, nos detemos na proposição do zoneamento ambiental de fragilidades a partir do panorama geomorfológico local; e no último, as considerações finais relativas ao método e resultados alcançados.

### **1.3 Base teórica e metodologia**

O crescente papel da geomorfologia na sua vertente ambiental analítica e propositiva, voltada ao ordenamento territorial e à otimização do uso e ocupação do relevo, conduziu-nos a desenvolver um projeto de abrangência local, utilizando ferramentas da cartografia temática para registrar o cenário geomorfológico da bacia e mapear outros elementos do quadro físico como os solos e o uso da terra que, por conseguinte, serviram de base para apontar no contexto geográfico da bacia as áreas propensas, ou não, a ocorrência de processos erosivos.

Ainda é incipiente e de pouca abrangência pesquisas deste gênero no Estado do Espírito Santo. Além dos trabalhos de inventário dos recursos naturais executados pelo RADAMBRASIL na década de 1980, seguem trabalhos pontuais, com pequena escala de abrangência, mas significantes quanto à contribuição científica que trouxeram, executados por pesquisadores como Goulart (2005), na

área de mapeamento geomorfológico; Valle (2004) e Albino (1999), geomorfologia costeira; Caus (2010), geomorfologia e geotecnologia; Vervloet (2009), na hidrogeomorfologia; Gimenes (2001), geomorfologia estrutural; Coelho (2007), geomorfologia ambiental; entre outros.

Nosso propósito ao selecionar como espaço de análise a bacia hidrográfica do Rio Barra Seca é de também contribuir qualitativa e quantitativamente nos estudos de geografia física do Estado, tendo em vista que na área coberta, cerca de 1.789,73km<sup>2</sup>, (2,8% da área estadual) ocorrem formações predominantemente planas, de baixa amplitude altimétrica e densamente antropizadas. O instrumental teórico metodológico adotado tem como referência os trabalhos de geomorfologia aplicada a diagnósticos ambientais e zoneamentos de Ross (1994, 1995, 1996 e 2006). As proposições de Ross sintetizam importantes contribuições teórico-conceituais de outros pesquisadores clássicos como Penck, Mescerjakov, Gerasimov, Chorley, Bertrand e Tricart, inovam ao implementar critérios claros de descrição morfoestrutural, morfográfica, morfométrica e morfodinâmica através do sistema taxonômico de classificação do relevo e contribuem nos estudos dos sistemas naturais com a metodologia de análise empírica da fragilidade potencial do relevo utilizando-se dos recursos de inter-relação de dados aplicáveis em ambiente de Sistemas de Informações Geográficas (SIG).

Para a construção do mapa de geomorfologia e demais mapas temáticos do trabalho foram consultadas as cartas geomorfológicas, geológica, relevo e solo do RADAMBRASIL e as cartas topográficas de escala 1:100.000 do IBGE. Paralelamente, foram trabalhados dados de sensoriamento remoto de modelo

digital do terreno (MDT) SRTM, Aster e Ima/Vale, ortofotomosaico Ima/Vale (2008), imagens do sensor Liss3 do satélite indiano ResourceSat 1 disponibilizadas pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) e aerofotos de escala 1:60.000 do ano 1974 do Instituto de Defesa Agropecuária e Florestal do Espírito Santo (IDAF). As informações de sensoriamento remoto foram utilizadas na atualização dos dados de uso e ocupação da terra, elaboração do modelo digital do terreno, compartimentação e análise morfométrica do relevo. Paralelamente foram feitas vistorias de campo para avaliar e validar a pré-compartimentação e refinar as informações de morfologia e morfodinâmica. Todos os dados foram integrados e interpretados em Sistema de Informação Geográfica (SIG), gerando como produtos *layouts* de mapas temáticos que estão expostos ao longo do trabalho.

## **CAPÍTULO 2**

### **Introdução ao estudo de geomorfologia aplicada ao zoneamento ambiental**

## 2.1 Geomorfologia e zoneamento ambiental

Em nenhum outro momento da história das ciências naturais se produziu tantos estudos integrados aplicados a diagnósticos, análises, zoneamentos ambientais e outras finalidades propositivas, quase sempre voltadas ao ordenamento territorial e à otimização do uso dos recursos naturais. A ascendência da pesquisa ambiental propositiva justifica-se pela necessidade de implementar formas menos agressivas de subtração da natureza; contrária ao modo predatório vigente desde a Revolução Industrial. O novo padrão de relação homem-natureza está pautado na premissa do “ecologicamente correto”, configura-se como uma forma de ética ambiental que coloca a natureza num patamar de sujeito ativo semelhante ao princípio milenar do budismo de atribuir alma aos elementos naturais. A popularização do discurso da “sustentabilidade” representa uma tentativa de estabelecer a conscientização coletiva sobre a necessidade de se construir uma relação mais disciplinada com os sistemas naturais. O protagonismo do homem como agente transformador da natureza veio à tona juntamente com a constatação de que é a partir da interferência humana no ambiente natural, construindo e adaptando novos espaços artificiais com sua técnica, que se desencadeiam os principais desequilíbrios nos sistemas naturais, repercutindo em degradação do meio ambiente, na queda da qualidade de vida, ou em catástrofes que destroem com frequência a vida de milhares. É salutar ressaltar que o conceito de sustentabilidade não é unânime, traz implícito uma idéia generalista e poética da relação homem-natureza, assim, compartilhamos do pensamento de Sanches (apud. Suertegaray, 1993) que se utiliza do termo “ecodesenvolvimento” para caracterizar a relação ideal entre a demanda humana de recursos e a

capacidade da natureza de sustentá-la. Segundo Sanches (op. cit.), O ecodesenvolvimento seria o viés de valorização dos recursos específicos de cada região, devendo estes serem explorados no sentido da “solidariedade diacrônica”, ou seja, identificar a vocação natural do terreno, respeitar o limite de suporte e utilizá-lo com ecotécnicas próprias. Ainda segundo o autor, esta forma de desenvolvimento deve ser ordenado a partir de uma “autoridade horizontal”, pois teria como perspectiva fundamental contribuir para a realização humana.

A qualidade ambiental de vida tem seguido nos últimos três séculos de desenvolvimento tecnológico um caminho inverso ao da economia financeira: enquanto as nações se desenvolvem economicamente deixam o legado indesejável da degradação da natureza, repercutindo em decadência da condição de salubridade das pessoas. Para Mendonça (1998) é um fato ambíguo, tendo em vista ser exatamente nesta fase da evolução da sociedade humana onde se encontram marcados os principais progressos da ciência e da tecnologia em toda a história da humanidade. Embora o avanço técnico-científico-informacional tenha resultado em benefícios para o conforto e expectativa de vida das sociedades, favorecendo um crescimento demográfico em progressão geométrica a partir do século XIX, produziu-se também, em contrapartida, um imenso passivo contra a dinâmica natural do planeta, com repercussões negativas no bem estar humano.

Apesar de serem latentes as consequências nocivas das intervenções das sociedades no meio natural, é preciso conter os exageros divulgados da relação dicotômica homem/natureza, impondo uma idéia de catastrofismo antrópico quando o fato decorre da evolução natural da terra. Os fenômenos como

maremotos, terremotos, inundações, secas, vulcanismo, efeito estufa, etc. resultam basicamente da dinâmica natural do planeta, contudo, há um excesso impetrado pela mídia quando da divulgação de suas manifestações. Mendonça (op. cit) ainda pontua que seria muito interessante e também construtivo, por exemplo, para o caso brasileiro, abordar criticamente os problemas decorrentes da falta de planejamento e orientação geral nos assentamentos urbano-industriais e rurais historicamente desprovidos de acompanhamento técnico adequado, onde a calamidade recorrente resulta da insensatez, do despreparo e do desconhecimento (ou descaso) frente às dinâmicas dos sistemas naturais. Outro fato marcante, observado principalmente nos países em desenvolvimento, é a supervalorização do planejamento econômico em detrimento do planejamento social (e ambiental); uma imensa contradição, já que as despesas e investimentos demandados no equacionamento das calamidades sociais consome uma imensa fatia dos orçamentos nacionais.

As políticas de ordenamento territorial, construídas a partir de uma razoável compreensão técnica do funcionamento e conhecimento do limite dos sistemas naturais são instrumentos de extremo valor para a prevenção de problemas oriundos de catástrofes naturais que afetam milhões de pessoas mundo afora. Também podem contribuir na implementação de um modelo de sociedade equilibrada na sua relação com o meio natural ao oferecer diretrizes coerentes para o uso e exploração da terra. Nesta perspectiva, que consideramos indispensável à própria manutenção humana na terra, a geografia desponta como a ciência capaz de explicar o funcionamento sistemático do espaço total e, por conseguinte, apontar caminhos e possíveis soluções. É a ciência que

tradicionalmente dispõe de um arcabouço técnico-metodológico que possibilita o trânsito interdisciplinar mantendo o foco no homem enquanto ser social. Assim, diante da necessidade de uma construção social balizada no ecodesenvolvimento emergem novos padrões relativos à abordagem da temática ambiental nos trabalhos de geografia, tendo por premissa alguns requisitos, a saber:

- Análise consorciada dos fatores físicos, bióticos e antrópicos em ambiente multidisciplinar;
- Aplicação intensiva da linguagem cartográfica como expressão da dinâmica do espaço;
- Popularização das tecnologias de sensoriamento remoto e geoespacialização;
- Virtualização do espaço e seus atributos nos Sistemas de Informação Geográfica (SIG).

Na última década, praticamente todos os trabalhos de geografia física, propositivos ou analíticos, se utilizou de um ou mais itens citados.

## **2.2 Geomorfologia aplicada**

Comumente, a geomorfologia é tida como o ramo da geografia física responsável por descrever as formas do relevo terrestre, sua estrutura e origem, além de inferir sobre os respectivos processos transformadores e materiais envolvidos (Guerra e Marçal, 2006 p. 13). As correntes clássicas iniciais da geomorfologia primavam pela descrição das formas superficiais do relevo. Terminologias eram

adaptadas para diferenciar as várias configurações da topografia expostas na paisagem. A busca de uma teoria geral que expressasse coerentemente a evolução das formas de relevo ao longo do tempo geológico constituía, neste período, o objeto dos principais questionamentos. Autores como King, Penck e Davis produziram importantes contribuições com suas inferências teóricas acerca da gênese evolutiva das formas terrestres, influenciando toda a geração posterior de geomorfólogos.

Durante o século XX, as pesquisas em geomorfologia deram expressivos saltos, tanto no aspecto relacionado à escala de produtividade de trabalhos conceitual-analíticos, com várias publicações de obras teóricas e estudos de caso; quanto em relação à variação das metodologias utilizadas nas produções que receberam o aporte volumoso de procedimentos técnicos voltados ao inventário, descrição e/ou análise integrada dos fatos geomórficos. A geomorfologia tornou-se um segmento científico transdisciplinar, fundamental nos estudos de inventário geográfico, ecológico e, mais recentemente, nos trabalhos sistêmicos de ecogeografia, preconizados por autores como Tricart (1977), Ross (2006) e Guerra (2006 e 2010).

O classicismo da disciplina geomorfológica, com suas inferências predominantemente descritivas, primando pela conceituação das paisagens e resultando em mapeamentos temáticos que zoneavam as formas superficiais a partir da identificação de sítios semelhantes, cedeu lugar, nas últimas décadas, ao pragmatismo, com foco direcionado aos estudos ambientais integrados. Jean Tricart, expoente da geomorfologia aplicada no Brasil, lançou mão por meio da

obra “Ecodinâmica” de conceitos ecológicos mesclados ao instrumental dos geossistemas para estudar as relações entre os diversos componentes do meio ambiente. A proposta de Tricart (op. cit.) preconiza a metodologia ecológica/geossistêmica como resposta às necessidades do mundo contemporâneo, num momento em que uma consciência mais aguda das interações entre os vários elementos do meio ambiente é necessária para evitar, no planejamento, consequências inesperadas, geralmente repercutindo em dificuldades e custos maiores, e até fracassos em alguns casos.

O relevo é o substrato das ações humanas e já se conhece razoavelmente os resultados da interface um tanto contraditória homem/relevo que repercute em situações de complementaridade, para os casos dos espaços ocupados e explorados com racionalidade; ou eventos catastróficos, em situações onde as limitações do terreno não são respeitadas. A dicotomia desta relação se faz presente desde o momento em que a humanidade assume efetivamente o papel de agente modificador da paisagem. No entanto, só em tempos recentes as práticas racionais de regramento desta interação começaram a ser de fato aplicadas.

O entendimento no qual o ambiente é permeado por sistemas integrados de troca de energia e matéria trouxe uma nova perspectiva para a geomorfologia, conduzindo-a de uma postura predominantemente inventariante e descritiva da paisagem para uma posição instrumental e direcionadora frente às ciências da natureza. Sua instrumentalidade vem, sobretudo dos trabalhos que a utilizam em aplicações pragmáticas de ordenamento territorial e zoneamentos ambientais

diversos. Esta corrente, conhecida como “geomorfologia ambiental”, é descrita por Guerra e Marçal (2006) como a capaz de integrar questões sociais à análise da natureza, incorporando em suas observações, as relações políticas e econômicas que são fundamentais na determinação dos processos e nas possíveis mudanças que possam vir a acontecer. Mendonça (1998) afirma ainda que a abordagem ambiental utilizada nos estudos integrados de geografia física se constitui também uma perspectiva capaz de diminuir ou atenuar a histórica dicotomia existente entre geografia física e geografia humana, e pode vir a ser um elo de união/aproximação entre estes segmentos.

A aplicação ambiental balizada pela inserção multidisciplinar é assim uma das responsáveis pelo papel atual da geomorfologia. O conhecimento do relevo e suas variáveis é presença obrigatória nos Estudos e Relatórios de Impacto Ambiental (EIA e RIMA) exigidos pela legislação ambiental brasileira. São também utilizados pela administração pública e privada na projeção de empreendimentos de médio e grande impacto. O uso da informação geomorfológica objetiva representar a fisionomia da paisagem, levando em consideração os elementos ou ambientes de acumulação e transporte, a caracterização dos processos morfogenéticos e as implicações no ambiente decorrentes da ação antrópica. Sob o ponto de vista ambiental, as formas de relevo são fatores que exercem influência sobre as condicionantes físicas locais, criando condições hidrológicas e topoclimáticas específicas (Botelho, 2010). Na medida em que são ocupados por empreendimentos humanos, o relevo fica submetido a novos processos morfodinâmicos e pedogenéticos que podem culminar em alterações ambientais com repercussões nos solos, no regime das

nascentes, córregos e rios, e na constituição florística local.

Pesquisadores como Guerra, Ross, Casseti e Florenzano (2008) se empenharam, nas últimas duas décadas, em contribuir para o aperfeiçoamento dos estudos em geomorfologia ambiental, cujas aplicações focam desde diagnósticos amplos e gerais em ambientes urbanos e rurais, até nichos específicos como o turismo e a mineração. Nestes trabalhos sistemáticos, o mapeamento temático geomorfológico, em conjunto com outros levantamentos de geologia, solo, hidrologia, clima, cadastrais e diagnósticos sócio-econômicos, pode contribuir fornecendo a caracterização física da topografia, sua dinâmica evolutiva e processos modeladores atuantes, podendo também apontar fragilidades e aptidões do ambiente em questão. Segundo Florenzano (2008) a análise do relevo é importante não apenas para a própria geomorfologia, mas também para outras ciências da terra que estudam os componentes da superfície terrestre: ela pode subsidiar o estabelecimento de diretrizes políticas de ocupação e proteção dos ambientes.

### **2.3 Sistemas de informações geográficas e geomorfologia**

A elaboração de trabalhos que utilizam múltiplas informações físico-espaciais foi facilitada pela evolução das geotecnologias com destaque para as de Sistemas de Informações Geográficas e sensoriamento remoto orbital. Os mapas e seus atributos descritivos migraram das caixas de arquivo e das mapotecas para ocupar o espaço virtual da memória dos computadores, transformando-se em sequências binárias representadas por pixels e vetores digitais. A possibilidade de

integrar e processar informações georreferenciadas oriundas de diferentes fontes proporcionadas pelos processadores computacionais, com o controle total do operador sobre cada elemento adicionado, podendo modular seu peso em importância frente ao evento pesquisado, ensejou um novo momento para os estudos ambientais sistemáticos. A antiga prancha de sobreposição de mapas em papel vegetal foi substituída pelo computador de mesa e trabalhos que antes demandavam ambientes específicos dotados de salas especiais e laboratórios bem equipados, hoje podem ser feitos em estações pessoais de trabalho como pequenos computadores portáteis.

As ferramentas e as técnicas do SIG suprem hoje parte da lacuna daquilo que Sotchava (1973) destacava como limitações às condições necessárias de pesquisas experimentais integradas sobre geossistemas. O referido autor semeava boas expectativas ao afirmar que, à época, ainda não haviam sido criadas as possibilidades, nem atingidas metodologias eficientes para impulsionar os estudos geossistêmicos, bem como as experiências práticas em previsão permaneciam ainda em estado embrionário, embora se depositasse nelas grandes expectativas (Sotchava, op. cit.).

Estudos preditivos utilizando informações geoespacializadas da natureza tornaram-se uma prática corriqueira com as facilidades propiciadas pelas ferramentas de análise espacial e álgebra de mapas do SIG. Diagnósticos e prognósticos de sistemas ambientais, construídos a partir de modelagem computacional, alimentados por dados gráficos e alfanuméricos georreferenciados espacialmente, são componentes essenciais dos estudos atuais dos

geossistemas. Nenhuma pesquisa focada nos constituintes físicos do espaço, tanto da geografia como de qualquer outra ciência natural, abre mão dos recursos e facilidades propiciados pelo SIG. Concluímos que a informatização dos dados espaciais e a facilidade com a qual se pode trabalhar nos ambientes virtuais do SIG, otimizaram expressivamente a análise crítica dos ambientes, dando maior precisão na elaboração de modelos. Otimizou também a produção de diagnósticos e ainda favorece o controle e/ou acompanhamento evolutivo dos espaços por oferecer a possibilidade de constantes atualizações. Avançando um pouco mais na valorização do SIG, Silva e Zaidan (2009) afirmam que o ferramental propiciado por esta tecnologia trouxe importantes contribuições na sistematização e inter-relação dos elementos naturais. Segundo os autores, o SIG:

[...] Tornou possível, em uma escala inimaginada, analisar a geotopologia de um ambiente, ou seja, investigar sistematicamente as propriedades e relações posicionais dos eventos e entidades representados em uma base de dados georreferenciados, transformando dados em informação destinada ao apoio à decisão. Esta é a atividade precípua do geoprocessamento, a qual permite distingui-lo de campos correlatos como o sensoriamento remoto, destinado principalmente a identificar e classificar entidades e eventos, registrados a distância por diversos detectores, e a cartografia digital, voltada primordialmente para a correta representação da realidade ambiental, segundo referenciais que permitam a identificação confiável do posicionamento de evento e entidades, juntamente com medições de suas extensões e direções espaciais (Silva e Zaidan, 2009 p. 20)

Florenzano (op. cit) demonstra na coletânea: Geomorfologia - conceitos e tecnologias atuais, as diversas possibilidades de aplicação das geotecnologias na produção de trabalhos de geomorfologia ambiental. Segundo a autora, há um grande potencial de aplicação dos recursos de sensoriamento remoto e de novas tecnologias nos estudos geomorfológicos, ainda utilizados timidamente na pesquisa brasileira, que podem, no entanto, subsidiar desde pesquisas de inventário morfométrico e estrutural do relevo, até trabalhos propositivos de zoneamento ambiental que levam em conta a dinâmica superficial dos terrenos.

#### **2.4 Geomorfologia e estudos ambientais integrados**

No final da década de 1970, as Organizações das Nações Unidas (ONU) lançou a expressão “estudos integrados”. O conceito veio como um dos resultados das diretrizes metodológicas para o trato da relação homem - meio ambiente decorrentes da Conferência de Estocolmo de 1972. Os estudos integrados só são possíveis com a aplicação de trabalhos multidisciplinares e por intermédio de estratégias como a exploração sistemática das múltiplas vertentes de análise necessárias à análise ou elucidação de determinado tema. Para Nascimento e Sampaio (2005), os estudos integrados dão-se por meio da conjugação unificada das ciências da terra na busca de uma percepção holística do meio, objetivam a análise dos elementos componentes da natureza de forma integrada, por meio de suas interconexões.

Segundo Nascimento & Sampaio (op. cit.) os estudos integrados ou geoambientais, como também são conhecidos, são importantíssimos nos

trabalhos de geografia física ao favorecerem uma síntese do espaço geográfico.

Os autores ainda fazem a seguinte afirmação sobre estudos integrados:

[...] Dialeticamente, permitem a elaboração de diagnósticos sócio-ambientais, bem como estudos de impactos ambientais e Relatórios de Impactos Ambientais (RIMA), citando pelo menos as demandas mais emergentes de alguns instrumentos de comando e controle do uso e ocupação da terra. Determinam zonas de uso indiscriminado, conservação e preservação, isto é, o ecozoneamento, proporcionando o trabalho integrado de técnicos e pesquisadores de diversas áreas, assim como ajudam na reciclagem e formação de tais profissionais (Nascimento e Sampaio, 2005: p. 176).

A abordagem holística aplicada no segmento de estudos geoambientais integrados consolidou-se, nos últimos anos, como metodologia básica de diagnóstico espacial, sendo utilizada em praticamente todos os trabalhos de viés ambiental das ciências naturais. Na mesma linha também se encontra o uso da bacia hidrográfica como unidade espacial principal, ou unidade cartográfica<sup>1</sup> de análise em estudos integrados que, na visão de Botelho (2010), representa a unidade ideal de planejamento de uso das terras. O referido autor ainda argumenta que a delimitação da bacia baseada por meio de critérios geomorfológicos leva vantagem sobre unidades de planejamento definida por outros atributos, cujo traçado dos limites podem ser bastante imprecisos, como, por exemplo, unidades definidas em função do clima ou da vegetação que são abstratos na paisagem. A análise integrada dos fenômenos de natureza física e social, espacializadas no perímetro da bacia hidrográfica, favorece a correlação

---

<sup>1</sup> Vervloet (2009) critica o fato de a bacia hidrográfica ter se tornado mero “elemento cartográfico de localização dos fenômenos investigados”. O autor ressalta não haver, nestes casos, a preocupação com o fato das bacias serem organizadas e condicionadas por atributos geomorfológicos, hidrogeomórficos e hidráulicos que determinam as características das redes fluviais da paisagem, onde a bacia de drenagem se instala e se desenvolve.

direta dos fatos geomórficos presentes na paisagem, destacando-se, conforme postulado por Tricart (op. cit.), o componente morfogênico, representativo em peso e importância na dinâmica da superfície terrestre.

Evidencia-se no arcabouço da ecodinâmica de Tricart (op. cit.), a importância das condicionantes geomorfológicas. Ela aparece como alvo para onde naturalmente convergem todos os processos interativos de clima/superfície/homem no meio ambiente: é na configuração das formas e processos geomorfológicos que se materializam as consequências da relação homem/natureza e da evolução natural da terra.

Tricart (op. cit.) aponta que, do ponto de vista ecológico, a morfodinâmica se configura como fator limitante: onde os processos morfodinâmicos predominam, a vegetação é pobre e esparsa com biomassa limitada e pouca diversidade, sobressaindo nesse ambiente apenas espécimes mais adaptados. Em oposição, onde os processos morfodinâmicos são incipientes, há um favorecimento natural para o desenvolvimento da vegetação, nestes casos há predominância dos processos pedogenéticos desenvolvendo os perfis dos solos. Existe, portanto, uma contradição entre os processos morfodinâmicos de esculturação do relevo e o desenvolvimento natural da biota: a morfogênese privilegia os processos físicos de intemperismo, erosão e transporte que moldam o relevo mais intensamente na superfície; enquanto a pedogênese favorece o desenvolvimento dos solos, substrato da flora, através de processos predominantemente químicos. Levando em conta a dicotomia existente entre a morfogênese e a pedogênese, e a ligação estrita que esses dois processos possuem com as ações antrópicas de

exploração do meio natural, pode-se afirmar que um dos objetivos da administração e do ordenamento territorial é, necessariamente, diminuir a instabilidade morfodinâmica, cujas consequências podem provocar danos materiais às instalações humanas.

As principais aplicações ambientais da geomorfologia: EIAs, RIMAs e Zoneamentos, encontram-se previstas na legislação federal, estadual e municipal. A partir da Constituição brasileira de 1988, sobretudo após a criação do Conselho Nacional de Meio Ambiente (CONAMA), as exigências relativas à preservação e/ou otimização do uso dos recursos naturais tornaram-se mais rigorosas. Para Ross (2010) no âmbito do relevo, os EIA/RIMAs devem contemplar os estudos geomorfológicos de base empírica elaborados a partir de levantamentos bibliográficos, cartográficos, pesquisas de campo e elaboração de cartogramas temáticos que permitam estabelecer a análise do relevo nos aspectos da compartimentação topográfica, caracterização dos padrões e formas de vertentes, classificação das formas quanto a origem, dimensão, dinâmica atual e fragilidade potencial.

A implantação de empreendimentos produtivos demanda, em decorrência das exigências legais, uma rotina exaustiva de licenciamentos, fiscalizações e toda uma plêiade de requisitos ambientais impostas pelas autoridades públicas. Nestas aplicações, os estudos e relatórios de impacto ambiental possuem o papel de caracterizar a paisagem, demonstrando suas particularidades físicas, e elencar possíveis impactos e respectivas medidas mitigadoras diante das variáveis naturais e sociais do espaço no qual se insere o projeto.

## 2.5 Considerações

Ross (2006) afirma que a geomorfologia é o elemento de maior significado e peso nas análises das dinâmicas superficiais e subsuperficiais do ambiente. Todas as demais variáveis naturais do ambiente como os solos, clima, uso e ocupação da terra estão intrinsecamente relacionados à altitude, inclinação, comprimento e forma de vertentes, configuração dos modelados e processos morfodinâmicos endógenos e exógenos que pertencem ao conjunto geomorfológico da paisagem. Não se pode conceber qualquer estudo que tenha como objeto o espaço físico terrestre sem lançar mão de algum dos ícones geomorfológicos citados. Kohler (2001), defende que a forma mais didática de se representar uma análise geomorfológica é por meio da cartografia: a melhor ferramenta do geógrafo no trato de questões espaciais ainda é o mapa. Segundo o autor, um mapa geomorfológico de boa resolução cartográfica é um instrumento de leitura universal, acessível a qualquer profissional, mesmo não geógrafo. Precisa contemplar as quatro dimensões espaciais: a plana (X e Y), a altimétrica (Z) e a espaço temporal (evolução das formas). Nos próximos dois capítulos teceremos considerações relativas ao multifacetado tema de mapeamento geomorfológico, utilizando como exemplo prático a bacia do Rio Barra Seca.

## **CAPÍTULO 3**

### **Bacia hidrográfica do Rio Barra Seca**

### 3.1 Recorte espacial e caracterização geral

A Bacia hidrográfica do Rio Barra Seca é considerada uma subunidade do sistema hidrográfico do Rio Doce, no entanto, suas águas não possuem contato direto com esta Bacia, deságuam de forma independente no mar, na localidade de Barra Seca, divisa entre os municípios de Linhares e São Mateus. A área total delimitada pelo projeto Ottobacias do Instituto Jones dos Santos Neves-ES considera cerca de 2.216,56km<sup>2</sup> (figura 3.1) e inclui todas as pequenas bacias litorâneas que ocorrem na área de acumulação quaternária, situadas imediatamente ao norte da foz do Rio Doce. O perímetro delimitado para a pesquisa não levou em conta as sub-bacias do córrego Pau Atravessado, Ibiriba, Ipiranga e Capivara que deságuam no baixo curso do Rio Barra Seca, na localidade denominada de Suruaca ou pantanal espírito-santense, uma área originalmente pantanosa, mas que atualmente encontra-se intensamente antropizada, entrecortada por uma malha complexa de canais artificiais que drenam extensões consideráveis das áreas brejosas para o implemento de atividades pecuárias e petrolíferas.

A porção da Bacia escolhida para a pesquisa não levou em consideração a faixa pantanosa do baixo curso. O pantanal espírito-santense é um sistema morfológico específico de idade quaternária, constituído por deposições flúvio-marinhas. A drenagem é complexa, e, devido a particularidades impostas pelos processos geomórficos de construção da paisagem local, não se enquadra no conceito convencional de bacia hidrográfica de um canal principal drenando determinada área e desaguando no exutório. Há uma forte intervenção antrópica que descaracterizou por completo a paisagem original com repercussões nas propriedades químicas dos solos locais, por exemplo, nas áreas sulfuradas encontrados nas margens secas da lagoa do Suruaca. Tais particularidades geográficas complexas desta porção da bacia do Rio Barra Seca levou-nos a excluí-la da abordagem aqui pretendida. O pantanal espírito-santense demanda, assim, trabalhos específicos como complementação ao já desenvolvido por Martin et. al. (1996) que contribuam na elucidação de sua complexidade hidrogeomorfológica.

A área delimitada para a pesquisa (figura 3.2) abrange 1.789,73km<sup>2</sup>. Começa na desembocadura do Rio Barra Seca na planície quaternária do Suruaca, na zona de contato litológico dos cordões litorâneos e deposições fluviais recentes com a planície sedimentar terciária dos tabuleiros costeiros, localizada na divisa dos municípios de Linhares e Jaguaré, e segue para oeste, passando pelos municípios de Sooretama, Vila Valério e São Mateus até suas nascentes situadas na divisa dos municípios de São Gabriel da Palha e Nova Venécia, na proximidade dos afloramentos montanhosos graníticos dos Pontões Capixabas.

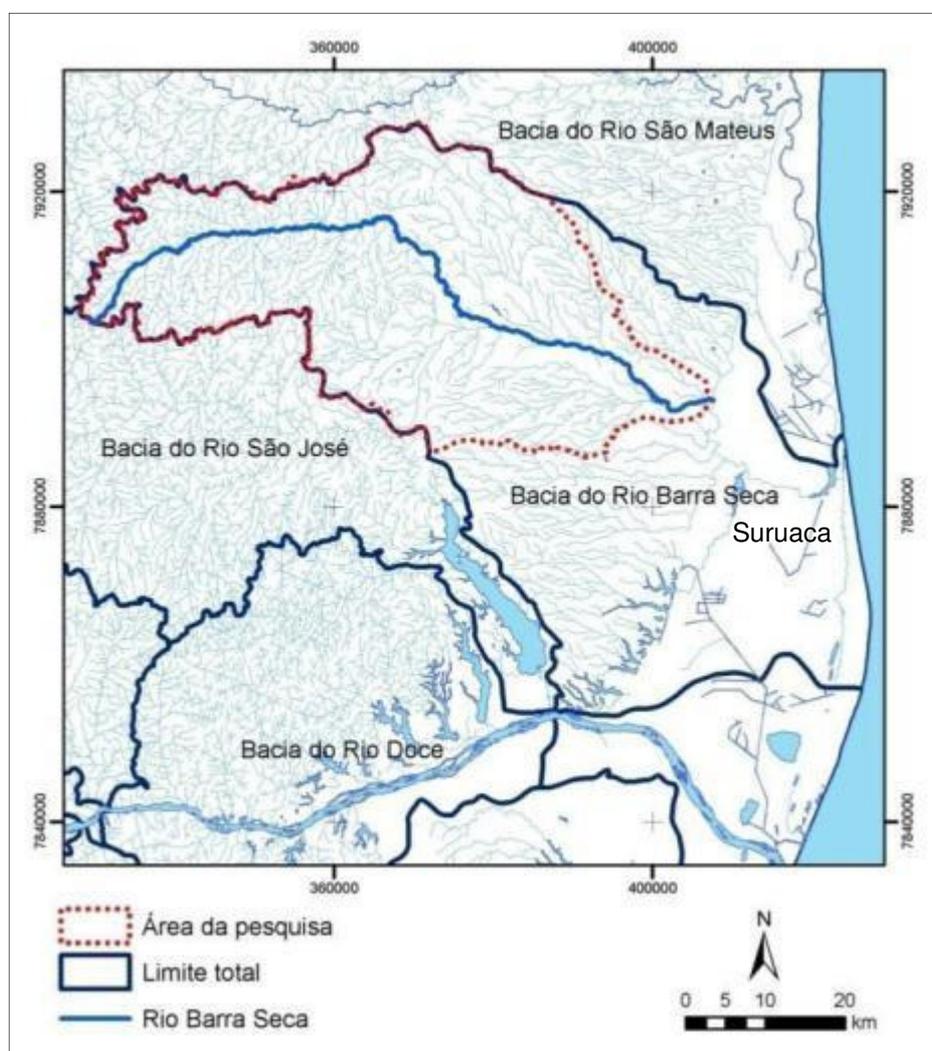


Figura 3.1: perímetro trabalhado na bacia hidrográfica do Rio Barra Seca (base cartográfica: Ottobacias – Instituto Jones dos Santos Neves/ES).

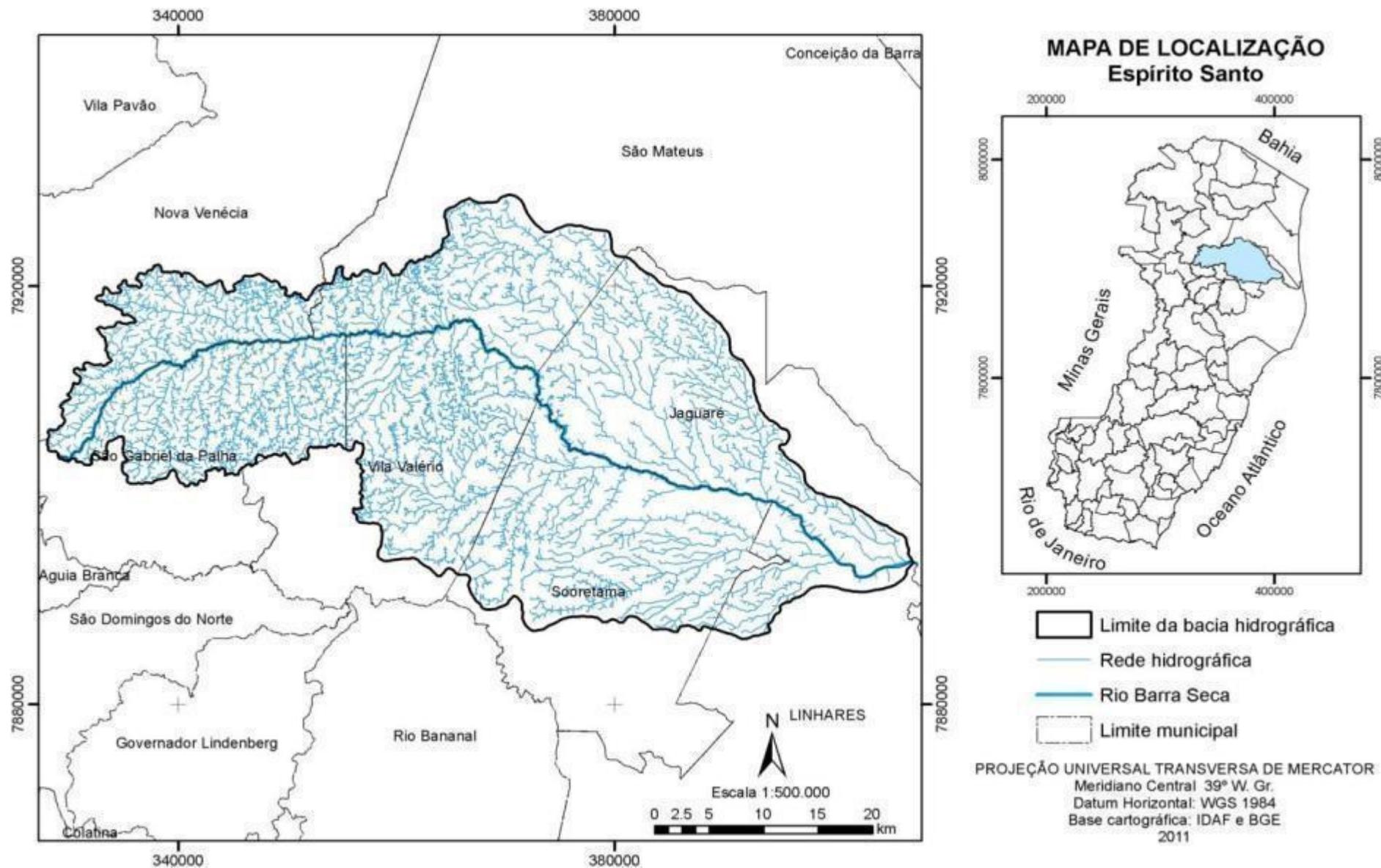


Figura 3.2: localização da bacia hidrográfica do Rio Barra Seca

Entre a nascente e foz da área delimitada para a pesquisa, o rio atravessa um percurso de aproximadamente 118km, se alternando entre trechos meandrantos em largas áreas de acumulação aluvial e trechos estreitos e retilíneos, condicionados pela estrutura litológica composto predominantemente por afloramentos gnáissicos. O embasamento litoestrutural também é o principal responsável por knickpoints , ou pontos de ruptura, encontrados com frequência ao longo do canal principal e que demarcam mudanças súbitas de nível altimétrico. Três pontos de ruptura merecem destaque por representarem secções distintas da bacia: o primeiro marca a ruptura da planície quaternária com a terciária nas proximidades da lagoa do Macuco. A lagoa e toda área colmatada imediatamente à montante resulta de um barramento natural ocasionado pelo surgimento de diques arenosos terciários na forma de cordões na interface quaternária/terciária no baixo curso da bacia. Estes cordões arenosos pleistocênicos derivam diretamente de oscilações eustáticas ocorridas no período Quaternário e são também responsáveis pelo represamento de diversos cursos d'água localizados imediatamente a sul do Rio Barra Seca que formam o complexo lagunar do Município de Linhares.

O segundo pontos de ruptura localiza-se na usina hidrelétrica desativada de Barra Seca, distante aproximadamente 50 km da foz, e marca a ruptura da planície sedimentar terciária dos tabuleiros costeiros com as formações colinosas de topos convexos e vertentes retilíneas a côncavas do médio curso do rio. Este ponto é o responsável pela formação de imensas áreas de acumulação em vales de fundo plano à montante, chegam em alguns trechos a 600 metros de largura. No local ocorrem cachoeiras e corredeiras, aproveitados preteritamente para gerar energia elétrica e atualmente como ponto de lazer da população local (figura 3.3). O terceiro, localizado na Vila de São João de Barra Seca, onde também se pode encontrar uma estação hidrológica da Agência Nacional das Águas (ANA), marca o início do terço superior da bacia a partir de onde se tornam frequentes os afloramentos rochosos no leito do rio. Deste ponto até as cabeceiras do canal principal e tributários o sistema de drenagem torna-se mais adensado, de configuração dentrítica, imprimindo uma paisagem de relevo com elevado nível de dissecação.



Figura 3.3: antiga usina hidrelétrica de Barra Seca, município de São Mateus (foto: Schineider, 2011)

A variação de altitude entre nascente e foz do canal principal é singela, com amplitude média em torno de 238m. Os afluentes da porção sul possuem suas nascentes localizadas em locais mais altos e a amplitude altimétrica nesses locais chega à média 320m (figura 3.4 e 3.5). O caráter de pouca diferença altimétrica entre nascente e foz, média de 3m a cada quilômetro, confere um sistema de baixa energia, favorecendo o desenvolvimento de áreas de deposição fluvial em diversas porções da bacia, abrangendo tanto as áreas do baixo curso, quanto áreas do alto curso.

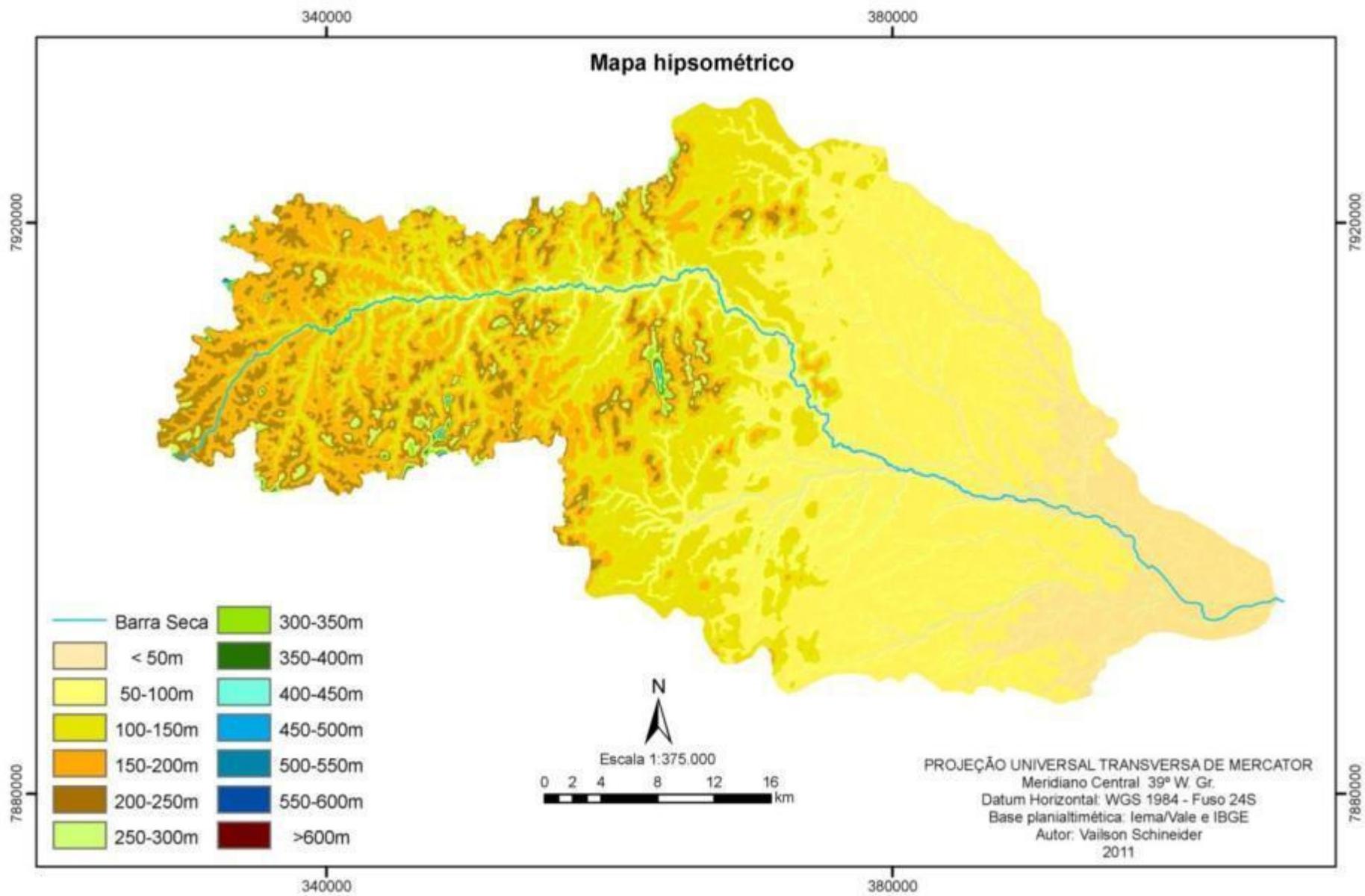


Figura 3.4: classes altimétricas da bacia hidrográfica do Rio Barra Seca.

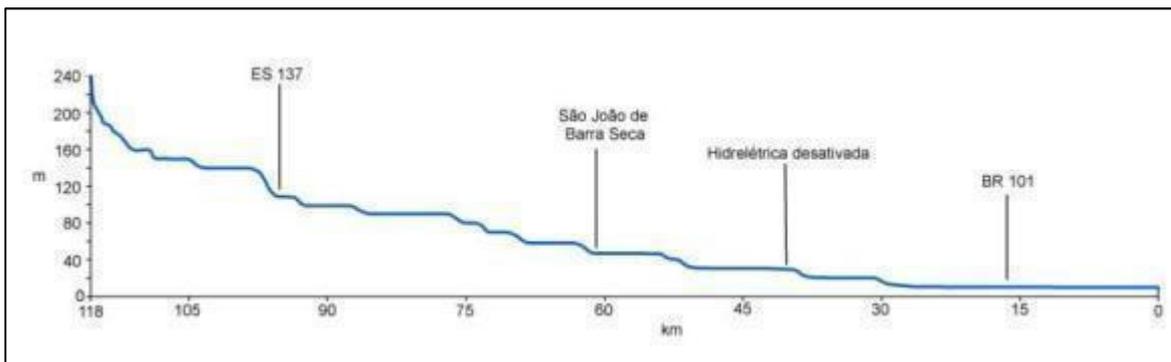


Figura 3.5: perfil topográfico do Rio Barra Seca.

O trecho da bacia abrangido pelo planalto cristalino possui poucos afloramentos rochosos que se restringem a reduzidas unidades graníticas localizadas no médio e alto curso, com altitudes máximas de 650m em alguns pontões. Também podem ser observadas nesta mesma porção da bacia, nos cortes de estradas, linhas de pedra compostas por camadas regulares de quartzito intemperizado, cobertas por camadas coluviais de sedimentos argilo-arenosos finos de aproximadamente 1m de espessura. Para Tricart e Cailleux (apud. Ab' Saber, 2003, p. 45), tais linhas resultam de paleomovimentos detríticos gerados em climas semi-áridos pretéritos, ocorridos durante a última glaciação pleistocênica.

A maior parte da Bacia, cerca de 62%, encontra-se sobre a morfologia plana dos tabuleiros costeiros da Formação Barreiras, apenas frações menores, no médio e alto curso do Barra Seca, atingem relevos compostos por afloramentos graníticos sobre o substrato da faixa de dobramentos remobilizados.

A morfologia predominantemente plana, propícia ao desenvolvimento de atividades agrícolas, favoreceu uma intensa ocupação de toda extensão da bacia, culminando na supressão de extensa faixa de Mata Atlântica que até meados da década de 1950 predominava na área. Aerofotos tomadas em 1955, disponibilizadas no acervo cartográfico do Instituto de Defesa Agropecuária e Florestal do Espírito Santo – IDAF, mostram poucas clareiras abertas no meio das densas florestas existentes à época. A área é, portanto, de ocupação e exploração agrícola relativamente recente quando comparada a outras áreas do

Estado. Sua configuração atual tem origem principal no ciclo de exploração madeireira que perdurou até o final da década de 1970.

Apesar do quadro natural do pretérito ter sido totalmente modificado pelas atividades humanas, a bacia do Rio Barra Seca ainda acomoda em seu perímetro um dos maiores remanescentes de mata de tabuleiro do Brasil: a Reserva Biológica de Sooretama com cerca de 24.000 hectares de floresta em estágio avançado/primitivo de conservação, e parte da Floresta de Linhares (ou Reserva da Vale), um outro importante fragmento florestal preservado de Mata Atlântica. Sozinhas, as duas Reservas ocupam 21% da área total da bacia.

A Bacia banha diversas vilas e povoados e serve de fonte de irrigação para as culturas de café das grandes propriedades localizadas no médio/baixo curso do rio. Nas proximidades da desembocadura na planície quaternária destaca-se o número expressivo de pivôs de irrigação alimentados predominantemente por poços perfurados, reflexos do bom nível tecnológico propiciado pela agricultura capitalizada do local. O café é o principal cultivo no curso médio e inferior da Bacia. Também se evidencia em patamar semelhante à pecuária extensiva, e, em menor proporção, a silvicultura de eucalipto, fruticultura de mamão, maracujá e coco, além de pequenos cultivos anuais de milho, arroz e feijão (figura 3.6).

No alto curso predominam pastagens, em geral incipientes e de baixa produtividade. A limitação imposta pela baixa fertilidade natural dos solos, somada ao manejo inadequado da cultura com sobrecarga intensiva de animais em uma mesma área e utilização de vertentes íngremes no pastoreio do rebanho são os principais responsáveis pela ampliação das áreas degradadas pela erosão neste trecho da bacia (figura 3.7).

Há ainda nesta porção a presença de cafeicultura em pequenas propriedades de exploração familiar e uma ampliação significativa da área plantada com eucalipto em áreas outrora ocupadas por pastagens ou cafezais. O cultivo do eucalipto é justificado pela necessidade crescente de madeira para as cercas e currais das propriedades locais e pelo fomento agrícola patrocinado por empresas do ramo

de celulose. Os plantios possuem ciclo longo, normalmente superior a 8 anos, e se portam muito bem na recuperação de áreas de pastagens degradadas, fragilizadas pelos processos erosivos. Ao amortecerem as gotas da chuva, as árvores de eucalipto ajudam a reduzir os efeitos erosivos superficiais e favorecem a infiltração da água nos solos. Outro benefício do eucalipto em relação às pastagens é a ausência do pisoteio do rebanho que representa um fator potencializador da erosão dos solos na atividade pecuária.

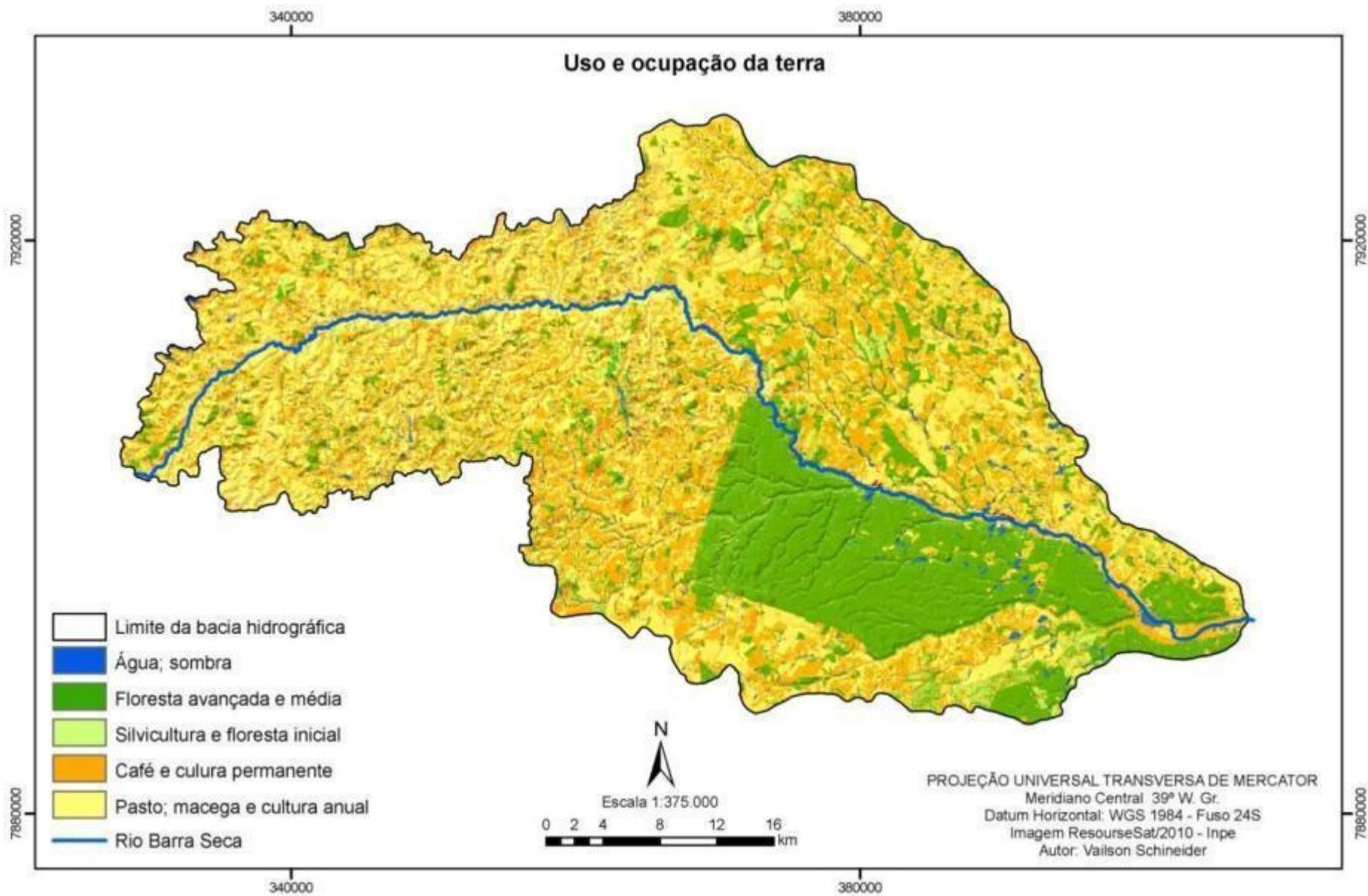


Figura 3.6: uso e ocupação da terra na bacia hidrográfica do Rio Barra Seca.



Figura 3.7: solo exposto em vertente de colina com ravinamentos decorrentes do manejo atual das pastagens. Localidade de São João de Barra Seca, município de Vila Valério (foto: Schineider, 2011).

## **3.2 Mapeamento geomorfológico**

### **3.2.1 Cartografia geomorfológica**

A produção de cartografia geomorfológica é, sem sobra alguma de dúvidas, uma das maiores dificuldades da geomorfologia. A geografia física se beneficiou demasiadamente dos avanços das geotecnologias, sobretudo a de Sistemas de Informações Geográficas e Sensoriamento Remoto, cujas contribuições favorecem expressivamente os trabalhos analíticos de inventários, diagnósticos e prognósticos ambientais, contudo, tais recursos não suprem a lacuna de metodologias práticas voltadas ao mapeamento geomorfológico. Florenzano (2008) justifica que a ausência de um método unificado de mapeamento geomorfológico se deve à complexidade e variedade dos objetos estudados pela geomorfologia e à consequente dificuldade para classificá-los. Um segundo ponto destacado pela autora diz respeito à dificuldade de representar cartograficamente todas às informações geomorfológicas e, conseqüentemente, na leitura dos mapas – principalmente por parte de outros especialistas e planejadores. Assim, cada pesquisador ao produzir trabalhos de cartografia geomorfológica busca adaptá-lo de metodologias referenciais principais como a desenvolvida por

Ab'Saber (1969), e as adaptadas nos mapeamentos do RADAMBRASIL e, posteriormente, por Ross (1992 e 1996).

As dificuldades observadas na cartografia geomorfológica não se apresentam em igual teor em outros ramos da cartografia temática. Os mapeamentos topográficos, por exemplo, utilizam-se de um sistema padronizado de mapeamento temático controlado pelo fator de escala. Neste tipo de cartografia, um mesmo tema, como hidrografia, curvas de nível ou estradas, aparece com mais ou menos detalhes em função da escala dada: tem-se, por exemplo, curvas de nível com equidistância de 20 metros para mapeamentos na escala de 1:50.000 e com 50 metros para escalas de 1:100.000. As metodologias de cartografia temática seguem os mesmos parâmetros para casos de levantamentos pedológicos. Segundo Lepsch (1977) a pedologia utiliza mapas esquemáticos, exploratórios, de reconhecimento e mapas detalhados, elaborados consecutivamente a partir de escalas menores para escalas detalhadas onde o sistema de classificação de solos permanece inalterado, destacando, na medida em que se reduz a uma escala de detalhe, o tipo de solo predominante. O mesmo método se aplica para as cartografias geológica, hidrológica, climática e cadastral onde o tema principal é sempre preservado, perdendo ou ganhando detalhamentos em função da escala.

Diferente dos sistemas de cartografia citados, o mapeamento geomorfológico exige temáticas diferentes para escalas diferentes, ou seja, o teor das informações contidas na carta geomorfológica varia de uma escala para outra: em um mapa de compartimentação geomorfológica na escala de 1:500.000, por exemplo, confeccionado através da interpretação de imagens de radar, não se destaca aspectos relativos aos processos superficiais da paisagem aos quais o relevo encontra-se submetido. Tais aspectos só podem ser levantados precisamente em mapeamentos detalhados, obtidos em trabalhos empíricos com medições e análises de laboratório. As generalizações cartográficas próprias das escalas pequenas restringem e limitam, neste caso, o volume e a qualidade da informação geomorfológica.

A questão central que se coloca quanto à cartografia geomorfológica não está

diretamente relacionada à complexidade dos objetos analisados pela geomorfologia, tampouco esbarra na limitação de convenções cartográficas que já contam com um volume significativo de proposições como, por exemplo, as sugeridas pelo Manual Técnico de Geomorfologia do IBGE (1992). O problema vincula-se, em primeiro lugar, à uma certa dificuldade operacional em relação a quais convenções e qual método usar em determinada escala. Franzle (1970) argumenta que, conforme a maneira pelas quais as cartas geomorfológicas são concebidas, diferem consideravelmente quanto ao seu conteúdo, porque ainda não se sabe os fatos e quais os parâmetros devem figurar em todas as cartas em escala grande ou média no tocante às formas, dimensões, origem e idade do relevo, bem como a dinâmica atual.

Ab'Saber (1969), com a proposta dos três níveis de abordagens dos estudos geomorfológicos, também entendidos como escalas de estudos geomorfológicos, contempla a inteligência do relevo na sua totalidade. O primeiro nível trata-se da compartimentação topográfica regional; o segundo, da estrutura superficial da paisagem e o terceiro dos processos morfoclimáticos e pedogênicos atuais. Esta segmentação metodológica representa um importante passo na organização da pesquisa em geomorfologia ao estabelecer limites epistemológicos no trato de temas específicos no estudo do relevo. Casseti (2001) sugere que a compartimentação morfológica de Ab'Saber (op.cit.) subsidia o processo de apropriação do relevo ao definir os diferentes graus de risco que determinada área possui; enquanto que o conhecimento da estrutura superficial da paisagem é responsável por definir o grau de fragilidade do terreno que é fator limitador do uso. A cartografia geomorfológica, quando submetida à proposta metodológica de Ab'Saber (op.cit.), repercute naturalmente em três metodologias cartográficas diferenciadas: a primeira, aplicada na identificação dos principais compartimentos geomorfológicos é de pequena escala, abrange áreas regionais de milhares de quilômetros quadrados; a segunda, de média escala, demonstra a estrutura superficial e sua qualidade morfológica referente aos conjuntos de padrões de relevo e sua distribuição na paisagem. Por fim, a de grande escala, aplicada no registro da morfometria e dos processos geomórficos predominantes. Para cada tipo de escala, aplica-se um nível de abordagem geomorfológica distinta, contudo,

os mapas de maior detalhamento podem trazer informações genéricas de compartimentação geomorfológica e estrutura superficial da paisagem sem prejuízo de organização e leitura. Segundo Abreu (1982, apud. Casseti, 2001), a proposta de Ab' Saber (op. cit) é tomada de uma flexibilidade que permite um melhor ajuste à essência dos fatos estudados, tanto do ponto de vista espacial como temporal e valoriza a perspectiva geográfica, entretanto, em relação à aplicabilidade cartográfica, entendemos que tal método carece de detalhamento didático dos procedimentos técnico-operacionais para sua utilização prática na elaboração da carta geomorfológica.

O projeto RADAMBRASIL, de levantamento dos recursos naturais brasileiros, desenvolveu uma cartografia geomorfológica própria através de adaptações em relação à qualificação das informações permitidas pela escala, leitura do mapa diretamente associada à legenda, aplicação de degrades de cores para representar os táxons de menor grandeza (domínios, regiões e unidades geomorfológicas) e conjuntos alfanuméricos para representar os dados de amostragem morfométrica. Ross (1990; 1992 e 1996) aprimora a sistematização do relevo em táxons relacionando-os a conjuntos paisagísticos de grandezas escalares diferenciadas. A taxonomia geomorfológica de Ross (op. cit.), dividindo o relevo em seis níveis distintos de escala de representação (figura 3.8), representa a metodologia de maior praticidade dentre outras utilizadas na cartografia geomorfológica brasileira. O procedimento, detalhado por Ross (1996), permite o registro de fatos morfológicos e morfométricos em seis níveis diferentes de escalas taxonômicas através de esquemas de cores e codificações alfanuméricas.

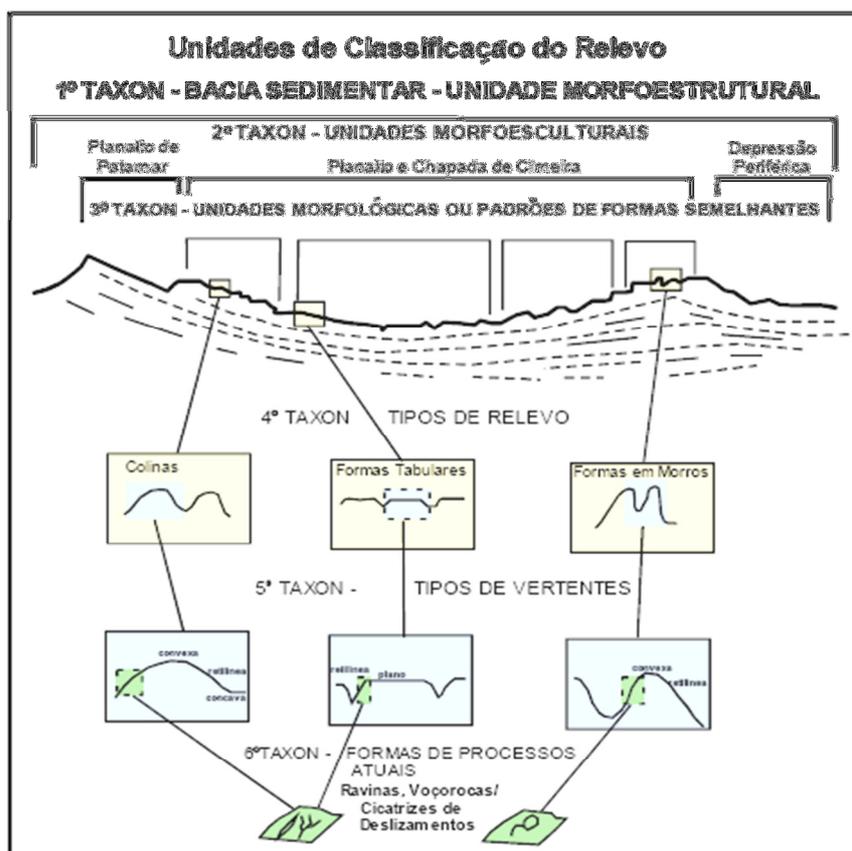


Figura 3.8: unidades taxonômicas do relevo segundo a proposição de Ross (fonte: Ross, 1992).

O primeiro táxon abrange as unidades morfoestruturais. Estas unidades correspondem à maior extensão em área e demonstram a influência do substrato geológico no conjunto morfológico atual. Sua representação cartográfica se dá por meio de esquemas de cores de mesma gama.

O segundo táxon corresponde às unidades morfoesculturais e representam a atuação diferencial dos processos morfológicos relacionados a atividades tectônicas, erosivas ou deposicionais de esculturação do relevo dentro de uma mesma unidade morfoestrutural. Segundo o autor, a investigação e o controle desta unidade se dá por meio de trabalho de campo e podem ser cartografadas por esquemas de cores.

O terceiro táxon equivale a unidades geomorfológicas que representam conjunto de relevo similar. Subdivide-se, em função de sua natureza genética, em dois

grupos principais: formas de denudacionais (erosivas) e formas agradacionais (acumulação). Ross (op. cit.) recomenda a adoção dos procedimentos do RADAMBRASIL (1987) para nomenclatura destas unidades. Assim, as formas denudacionais, representadas pela letra “D”, têm acrescida uma letra minúscula que atuam. Já as formas deposicionais, representadas pela letra “A”, têm acrescido também uma letra minúscula para indicar a gênese e o ambiente de sedimentação a que se refere. O Tabela 3.1 exemplifica as codificações sugeridas para os ambientes de denudação e acumulação.

**Tabela 3.1: formas de relevo**

FORMAS DENUDACIONAIS	FORMAS AGRADACIONAIS
D – denudação	A – acumulação
Da – formas de topos aguçados	Apf – formas de planície fluvial
Dc – formas de topos convexos	Apm – formas de planície marinha
Dt – formas de topos tabulares	Apl – formas de planície lacustre
Dp – formas de superfícies planas	Api – formas de planície intertidal (mangue)
De – formas de escarpas	Ad – formas de campos de dunas
Dr – formas de rampas	Atf – formas de terraços fluviais
	Atm – formas de terraços marinhos

Fonte: modificado do tema geomorfologia do projeto RADAMBRASIL – MME/DNPM, 1982 (apud. Ross, 1996)

O quarto táxon corresponde às unidades morfológicas ou de padrão de formas semelhantes. São representadas as formas de relevo semelhantes, indicadas no conjunto por fotointerpretação. A representação se dá pela convenção de unidade denudacional (Dc; Dt; Da; Dp; Dr), acrescida de algarismos arábicos que introduzem os parâmetros morfométricos de entalhamento médio dos vales para avaliar o desnível topográfico, e de dimensão interfluvial média, relativo à densidade de drenagem. Esses dois parâmetros de avaliação morfométrica são obtidos na análise da matriz de índices de dissecação do relevo exposta no Tabela 3.2.

**Tabela 3.2: matriz de índice de dissecação do relevo**

Entalhamento médio dos vales (classes)	Dimensão interfluvial média (classes)				
	1 – Muito baixa > 3750m	2 – Baixa 1750 a 3750m	3 – Média 750 a 1750m	4 – Alta 250 a 750m	5 – Muito Alta < 250m
1 – Muito fraco < 20m	11	12	13	14	15
2 – Fraco 20 a 40m	21	22	23	24	25
3 – Médio 40 a 80m	31	32	33	34	35
4 – Forte 80 a 160m	41	42	43	44	45
5 – Muito forte > 160m	51	52	53	54	55

Fonte: modificado do tema geomorfologia do projeto RADAMBRASIL – MME/DNPM, 1982 (apud. Ross, 1994)

A compartimentação geomorfológica executada sob o parâmetro morfométrico de densidade de drenagem, tomando como base a dimensão interfluvial média dos canais, possui limitações nas metodologias às quais é comumente aplicada. O manual de mapeamento geomorfológico do IBGE sugere proceder tal levantamento dividindo o produto da soma total do comprimento dos canais de drenagem, pela área amostral de referência que pode ser obtida por meio da inserção de um retângulo ou círculo de área conhecida<sup>2</sup> sobre a base cartográfica (IBGE, 1992 p. 98). O procedimento recomendado aplica-se eficientemente em mapeamentos amplos, de pequena escala, para informar genericamente a representatividade matemática da hidrografia em relação aos principais compartimentos geomorfológicos, entretanto, verificamos que esta técnica refuta a configuração da rede de drenagem que, por sua vez, está diretamente ligada às condicionantes morfoestruturais e fisionômicas da paisagem e não se limita a

<sup>2</sup> A área amostral, segundo sugerido pelo manual, varia de acordo com a escala sobre a qual se pretende elaborar o mapeamento. Para escala de 1:100.000, por exemplo, recomenda-se utilizar figuras com área gráfica equivalente a 64km<sup>2</sup>.

uma geometria padronizada. A delimitação por área amostral de polígono regular pode conduzir a um agrupamento sem correspondência real de feições, mesclando espaços fisicamente diferentes, refutando a patamar inferior o fator forma em detrimento do fator matemático de morfometria. Optamos por uma delimitação que respeite minimamente a conformidade da rede hidrográfica, observando a contiguidade da morfologia, que pode ser perfeitamente identificada na base cartográfica de modelo digital do terreno e hidrografia confeccionados para o mapeamento.

Outro problema que se coloca no cálculo morfométrico é o levantamento da profundidade média dos canais calculado a partir de amostras de seções aleatórias da área de estudo. Esta prática pode resultar em valores distorcidos para o dado se, por exemplo, as amostras forem tomadas somente em vales mais rasos. Assim, para chegar a um valor razoável, optamos por levantar amostras a partir de perfis de seções transversais obtidos em setores de montante e jusante de cada compartimento morfológico.

### **3.2.2 Mapeamento automático**

Entre as facilidades propiciadas pelas tecnologias de SIG e sensoriamento remoto está a elaboração de modelos cartográficos tridimensionais de relevo. É um conjunto instrumental cujo emprego apresenta-se em franca expansão no Brasil; todavia, limita-se na pouca cobertura de mapeamentos topográficos oficiais de média e grande escala do território nacional, especialmente relacionados às áreas de baixa densidade demográfica do centro e norte do país.

Os sistemas mais utilizados baseiam-se em dados obtidos a partir de modelo digital do terreno (MDT) colhidos pelo projeto *Shuttle Radar Topography Mission* (SRTM). Os MDTs são grades digitais de pixels que possuem na sua constituição binária o dado de altimetria (Z). No caso do SRTM, cada pixel original possui resolução espacial de 90m que pode ser refinado (quebrado) digitalmente, chegando a resoluções maiores (Crepani et. al. in: Florenzano, 2008). Um segundo MDT, menos popular mas já utilizado em mapeamentos digitais, é o

disponibilizado pelo projeto *Aster Global Dem* desde o ano de 2009. O modelo foi criado a partir do satélite ASTER, numa colaboração entre a NASA e o governo japonês, a partir de 1,5 milhões de imagens ASTER, recorrendo à sua correlação estereográfica (METI and NASA, 2009). Possui resolução espacial original de 30m.

No estado do Espírito Santo, o Instituto Estadual de Meio Ambiente e a mineradora Vale capitanearam uma nova cobertura aerofotogramétrica na escala de 1:30.000 e 1:35.000 abrangendo todo Estado. As imagens resultantes foram transformadas em ortofotomosaicos utilizando como base para correção geométrica um MDT híbrido elaborado a partir do cruzamento de dados SRTM com pontos cotados colhidos durante o aerolevanteamento. O resultado foi um modelo digital com pixel de 5m que possibilitou a escala final de 1:15.000 nos procedimentos de ortorretificação e mosaicagem das aerofotos.

Nas aplicações de mapeamento geomorfológico, os dados de MDT são submetidos a processos digitais supervisionados para gerar automaticamente as quebras positivas e negativas das classes clinométricas, permitindo assim a identificação e o agrupamento de feições similares (Crepani et. al, op. cit.). Os modelos digitais também permitem identificar padrões de drenagem, delimitar bacias e cálculos matemáticos de variáveis relacionadas à configuração hidrográfica dos canais (Santos, 2007).

A propósito de mapeamento geomorfológico, Silva e Rodrigues (2009) editaram um tutorial indicando detalhadamente os passos para a construção digital assistida dos produtos cartográficos de geomorfologia. Os autores utilizam as ferramentas do programa de computador ArcGis™ e Envi™ para trabalhar dados digitais de geologia, geomorfologia e MDTs, obtidos livremente em sites oficiais como o da Embrapa, DNPM, CPRM e IBGE.

O relevo digital ainda tem dois problemas sérios como fatores limitantes em relação a utilização de MDTs orbitais: o primeiro é relativo aos dados SRTM. A resolução espacial original de 90m propicia trabalhos na ordem escalar máxima

de 1:400.000. As ferramentas dos SIGs que favorecem a ampliação da resolução espacial via fragmentação digital dos pixels não acrescentam novas informações. Assim, mesmo com um pixel dividido para 14,25m (Crepani et. al., op. cit.), a escala cartográfica original permanece inalterada. O MDT Aster trouxe a possibilidade de ampliação da resolução final do mapeamento, possibilita chegar a escala de 1:100.000 com o pixel de 30m. Entretanto, semelhante ao SRTM e lema/Vale, o modelo apresenta boa performance em áreas de relevo mais dissecado, com pouca ou rarefeita cobertura florestal; em áreas florestadas, o topo das árvores é interpretado como superfície do terreno, imprimindo erros altimétricos proporcionais a altura do docel da vegetação. Também não apresentam boa performance em morfologias planas como tabuleiros, principalmente naqueles de vales rasos. A figura 3.9 apresenta um comparativo da performance dos três MDTs em relação à interpolação automática de curvas de nível com equidistância de 10m em uma mesma seção da bacia do Rio Barra Seca.

Apesar da cartografia digital ser um avanço extremamente vantajoso para os pesquisadores das ciências da terra como geógrafos e geomorfólogos, dando celeridade nas produções e otimizando o tempo dedicado aos procedimentos de construção cartográfica, é preciso salientar que as metodologias devem ser pautadas pelo prévio conhecimento conceitual-científico para promover análises coerentes dos compartimentos delimitados digitalmente. A ferramenta digital favorece a edição gráfica do mapeamento, mas a interpretação das informações geomórficas se dá a partir de conceitos e nomenclaturas já consolidados no meio científico.

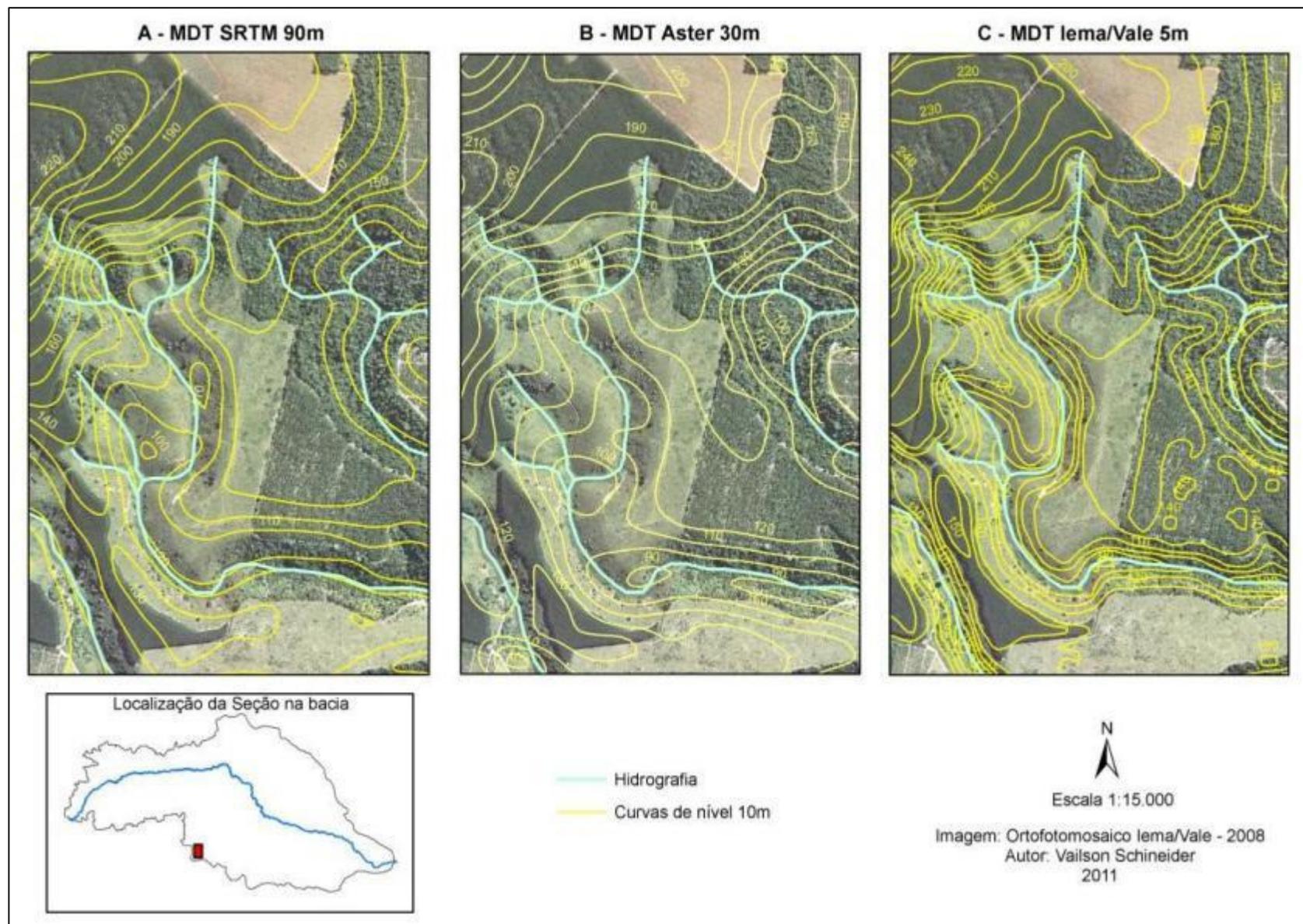


Figura 3.9: comparativo dos MDTs SRTM (A), Aster (B) e IEMA/Vale (C) em escala 1:15.000. Observa-se que o modelo 'C' oferece maior detalhamento das nuances do relevo; enquanto que no modelo B as generalizações são maiores.

### 3.2.3 Mapeamento geomorfológico da bacia hidrográfica do Rio Barra Seca

Na execução da proposta de cartografia geomorfológica adotamos a metodologia sugerida por Ross (op. cit.) e as adaptações implementadas nos mapeamentos realizados pela Companhia de Pesquisas de Recursos Minerais (CPRM) na <sup>3</sup>costa do descobrimento, nos municípios de Porto Seguro e Santa Cruz de Cabrália, feitas por Dantas e Medina (2000).

A elaboração da carta geomorfológica preliminar da bacia do Rio Barra Seca se limitou ao 4º táxon, com alguns destaques de morfografias individualizadas (5º táxon) e foi baseada em trabalhos de fotointerpretação em aerofotos de escala 1:60.000 (Espírito Santo, 1974), imagens de satélite ResourceSat 1, ano 2010, resolução espacial de 24m, e modelo digital do terreno processado a partir dos dados lema/Vale. As informações foram plotadas sobre as camadas de curva de nível, hidrografia, sistema viário e toponímia das cartas topográficas do IBGE, escala 1:100.000, folhas Rio Doce, Linhares, São Mateus e Nova Venécia, todos georreferenciados ao Datum WGS 1984, fuso 24S. O mapa preliminar foi submetido à checagem de campo para verificação de conformidade. O trabalho de campo propiciou refinar os limites dos compartimentos morfológicos, avaliar individualmente aspectos morfológicos e morfométricos e observar os processos morfodinâmicas atuantes. Os levantamentos de campo e as informações de geologia, reconhecimento de solos e relevo do mapeamento temático do RADAMBRASIL (1987) somaram os dados necessários para a finalização do mapa geomorfológico da bacia hidrográfica do Rio Barra Seca, cujo *layout* final foi organizado com as ferramentas dos programas computacionais ArcGis™ e Microstation V8™.

O critério morfométrico utilizado para a delimitação e nomenclatura das unidades

---

<sup>3</sup> A costa do Descobrimento, localizada no sul do estado da Bahia, possui uma composição físico-paisagística semelhante à da bacia do Rio Barra Seca com extensas áreas cobertas pela Formação Barreiras, planícies flúvio-marinhas quaternárias, extensos vales colmatados e superfícies pré-litorâneas de embasamento cristalino extremamente dissecadas. Os trabalhos foram executados na escala 1:100.000 e utilizou como base cartográfica cartas topográficas da Sudene, de mesma escala, composições de imagens do satélite Landsat e aerofotos 1:108.000, além das cartas do RADAMBRASIL.

morfológicas considera a amplitude local das formas e a inclinação das vertentes como parâmetro de uniformização. A metodologia foi adaptada da proposição de Ponçano (apud. Goulart, 2001) e está exposta no Tabela 3.3. Para identificar as diferentes unidades no mapa optou-se pelo critério de cores definido no Tabela 3.4. Já as codificações utilizadas para expressar os diferentes tipos de modelados e o índice de dissecação do relevo referente à amplitude média dos interflúvios e a profundidade média dos vales seguiram o recomendado por Ross (1996), já demonstrados nas tabelas 3.1 e 3.2.

**Tabela 3.3: nomenclatura das unidades de relevo**

<b>Amplitude local (m)</b>	<b>Inclinação predominante (%)</b>	<b>Tipo de relevo</b>
< 150	<3	Tabuleiros
	6 a 12	Rampas
	6 a 20	Colinas
	12 a <30	Morrotes
100 a 350	18 a >30	Morros
> 300	>30	Montanhas

Classificação de tipos de relevo (modificada de Ponçano et. al., 1981 in: Goulart, 2001).

**Tabela 3.4: Matiz de cores aplicadas nas unidades de relevo mapeadas**

Formas deposicionais ou agradacionais	Planície Fluvial Planície Lagunar	Matiz amarela
Formas erosivas ou denudacionais	Colinas Rampas Tabuleiros	Matiz verde
	Morrotes	Matiz azul
	Morros Montanhas	Matiz Vermelha
	Serras Escarpas	Matiz marron

### 3.3 Considerações

O mapa geomorfológico da bacia hidrográfica do Rio Barra Seca esboçado parcialmente na figura 3.10 e com *layout* principal anexo no fim do trabalho, foi organizado sob a hierarquia taxonômica de morfoestrutura, morfoescultura, unidades morfológicas e padrões de relevo (Tabela 4.1), evidenciando aspectos morfográficos e morfométricos predominantes. Também foram grafadas feições lineares como vales principais controlados por falhas estruturais e linhas de falhas geológicas adaptadas do mapeamento do RADAMBRASIL (op. cit.). O próximo capítulo se deterá em descrever mais detalhadamente as principais características morfológicas de cada unidade representada no mapa.

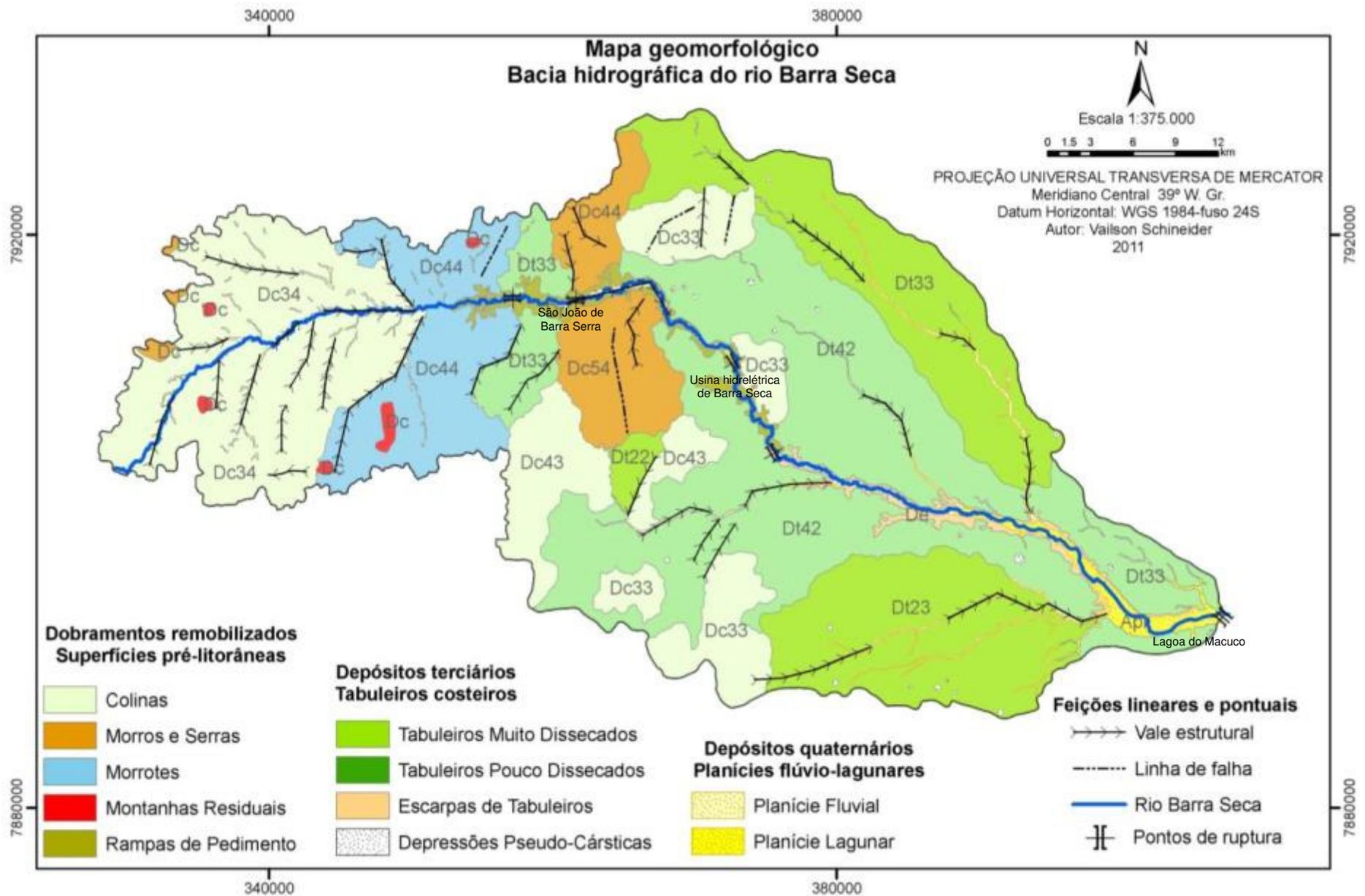


Figura 3.10: Mapa geomorfológico parcial da bacia do Rio Barra Seca.

## **CAPÍTULO 4**

### **Compartimentos e unidades geomorfológicas da bacia hidrográfica do Rio Barra Seca**

#### 4.1 Aspectos gerais

O mapeamento geomorfológico da bacia hidrográfica do Rio Barra Seca foi hierarquizado em domínio morfoestrutural, compartimento morfoescultural, unidade geomorfológica e padrão de relevo, conforme exposto no mapa principal em anexo no final da dissertação.

Os compartimentos morfoesculturais foram subdivididos em unidades morfológicas onde o conjunto das formas individualizadas trazem semelhanças morfométricas e morfográficas entre si. As tabelas 4.1 e 4.2 expõem a configuração taxonômica e os principais aspectos morfométricos referentes à geomorfologia da bacia hidrográfica do Rio Barra Seca.

**Tabela 4.1: caracterização morfométrica das unidades de relevo**

Unidade de relevo	Amplitude local (m)	Altitude máxima (m)	Clinometria (%)	Área (km <sup>2</sup> )
Colinas	40 a 80	220	6 a 20	328,60
Colinas Isoladas	50 a 100	248	6 a 18	139,85
Morros e Serras	100 a 350	590	12 a >30	109,15
Morrotos	80 a 150	380	12 a >30	142,27
Montanhas Residuais	150 a 350	640	>30	6,41
Rampas de Pedimentos	50 a 90	145	6 a 12	28,60
Tabuleiros Muito Dissecados	30 a 40	70	< 3	392,04
Tabuleiros Pouco Dissecados	30 a 50	120	< 6	558,13

Escarpas	40 a 70	80	> 30	18,01
Planícies Fluviais	-	-	< 6	40,58
Planícies Flúvio-Lagunares	-	-	< 6	24,33
Depressões Pseudo-Cársticas	-5 a -15	90	< 6	2,26

Fonte: adaptado de Ferreira, 2008.

**Tabela 4.2: geomorfologia da bacia do Rio Barra Seca**

Morfoestrutura	Morfoescultura	Unidade morfológica	Padrão de Relevo
Faixa de Dobramentos Remobilizados	Superfícies Pré-litorâneas	Colinas	Dc34; Dc43
		Colinas Isoladas	Dc33; Dc43
		Morros e Serras	Dc44; Dc54
		Morrotes	Dc44
		Montanhas Residuais	Dc
		Rampas de Pedimentos	Dr
Depósitos Sedimentares Terciários da Formação Barreiras	Tabuleiros Costeiros	Tabuleiros Muito Dissecados	Dt22; Dt23
		Tabuleiros Pouco Dissecados	Dt33; Dt42
		Escarpas	De
		Depressões pseudo-cársticas	Pc
		Planícies fluviais	Apf
Depósitos Sedimentares Quaternários	Planícies Flúvio-Lagunares	Planícies flúvio-Lagunares	Apl

Fonte: adaptado de Dantas e Medina (2000)

#### 4.2 Faixa de Dobramentos Remobilizados

Este domínio se apresenta de forma deprimida em faixa transicional com

altimetria variando entre 80m e 600m. A faixa de dobramentos remobilizados (ou reativados) corresponde a áreas onde a resistência das rochas gera reflexos na configuração da dissecação do relevo, ressaltando a existência pontões, cristas e sulcos que refletem a influência da estrutura geológica sobre o relevo atual. De acordo com o RADAMBRASIL (1987), após a última fase de reativação tectônica ocorrida no Neogeno passaram a predominar os processos de esculturação do relevo, resultando na decomposição profunda das rochas, com presença extensiva de linhas de pedra e ocasionando o desenvolvimento de Latossolos nas encostas e nos interflúvios das formações.

A Faixa de Dobramentos Remobilizados se apresenta na bacia em feições de dissecação homogênea e modelados interrompidos por cristas residuais nas extremidades da área. Inclui associações litoestruturais do Grupo Macaúbas e do complexo Medina e composições litológicas neoproterozóicas onde predominam granitos e gnaisses (RADAMBRASIL, *op. cit.*).

#### **4.2.1 Superfície Pré-litorânea**

De acordo com Moraes Filho et. al (1999), a superfície pré-litorânea corresponde a uma unidade composta por formas esculpidas sobre embasamento magmático/metamórfico de gnaisses, kinzigitos e granitóides, datados do Proterozóico Inferior. Caracteriza-se por ser uma área de topografia de baixa expressão altimétrica, refletindo sua estrutura de litologia fraturada e dobrada. Possui associações de relevos residuais adjacentes à área coberta pela deposição sedimentar que deu origem a Formação Barreiras. As morfologias

presentes foram influenciadas indiretamente pelas oscilações eustáticas do Quaternário e modeladas pelo encaixamento recente da hidrografia. Na bacia do Rio Barra Seca, esta unidade morfoescultural divide-se em duas subunidades principais: a primeira com relevo composto por Colinas e Morrotes homogêneos, de topos alongados ou convexos, margeados por vertentes retilíneas de base convexa; a segunda, de topografia mais elevada, composta por pequenas Serras e maciços rochosos.

#### **4.2.1.1 Unidade de Colinas**

A ocorrência desta unidade na bacia é mais expressiva nas áreas de montante da bacia e cobre uma área de 328,60km<sup>2</sup>. Apresenta morfometria suave de vertentes pouco declivosas, com gradiente clinométrico variando entre 6 e 20%, amplitude altimétrica máxima de 80m e altitudes máximas que não ultrapassam 220m. Os topos são arredondados e as vertentes retilíneas com concavizações sutis na base (figura 4.1). São dotadas de cobertura coluvial espessa nos topos e linhas de pedras<sup>4</sup> no terço inferior das elevações que separam o material coluvial de superfície, originado da alteração dos gnaisses (figura 4.2). Destacam-se coberturas superficiais areno-argilosas ou siltosas com recorrência de concentrações lateríticas. Apresenta configuração de drenagem dendrítica associada ao condicionamento do substrato litológico metamórfico das superfícies

---

4 De acordo com o RADAMBRASIL, as linhas de pedra, o colúvio e os alteritos são indicadores do balanço alteração/denudação equivalente à pedogênese/morfogênese. O colúvio no qual se fossilizam os acamamentos de seixos está relacionado ao fluxo de massa oriundo das encostas e maciços circundantes. O processo de denudação foi provocado pelo remanejamento das formações superficiais devido ao escoamento superficial turbulento sob condições climáticas áridas. Os colúvios aparecem com maior expressão nas bases das colinas e diminuem gradualmente em direção ao topo.

erosivas Pré-litorâneas. O baixo gradiente clinométrico imprime um sistema de drenagem com pouca eficiência de transporte, favorecendo o surgimento de áreas brejosas de acumulação com larguras superiores a 200m. A unidade de colinas está representada pelos padrões de relevo Dc34 e Dc43; possui em seu interior morros pontuais de topos convexos estreitos. Limita-se a leste com a unidade de Morrotes; a oeste com as Montanhas dos Pontões Capixabas. É ocupada predominantemente por pequenas propriedades familiares e assentamentos de trabalhadores rurais; o uso da terra se dá tradicionalmente em pastagens para pecuária extensiva e pequenas áreas de cafezais.



Figura 4.1: Linha de pedras visualizada em corte de estrada na unidade colinosa (foto: Schineider, 2011).



Figura 4.2: superfície colinosa intercalada por vale de acumulação na área do alto curso da bacia do Rio Barra Seca. (foto: Schineider, 2011).

#### **4.2.1.3 Unidade de Colinas Isoladas**

As Colinas Isoladas compõem-se de elevações com topografia suave e isoladas em meio aos tabuleiros que juntas somam uma área total de 139,85km<sup>2</sup>. Dantas e Medina (2000) afirmam que os topos mais elevados destas unidades são remanescentes da paleotopografia terciária não atingida pelos eventos de sedimentação que culminaram na deposição sedimentar da Formação Barreiras. Caracterizam-se por possuírem topos convexos e vertentes retilíneas a côncavas. A amplitude altimétrica varia de 50 a 130m, com altitudes máximas de 248m. A clinometria média das vertentes situa-se entre 6 e 18% (figura 4.3)

As Colinas Isoladas ocorrem pontualmente na zona de transição entre as morfoesculturas da Superfície Pré-litorânea e a de Tabuleiros Costeiros, especialmente nas localidades de Fátima, Areinha, Jurana e Sete Quedas nos Municípios de Jaguaré e Vila Valério. Estão representadas pelos padrões de relevo Dc33 e Dc43.



Figura 4.3: Colina residual situada no baixo curso do Rio Barra Seca. Na parte inferior da imagem, o leito da estrada vicinal construído sobre topo plano de Tabuleiro, localidade de Fátima, Município de Jaguaré (foto: Schineider, 2011).

#### **4.2.1.4 Unidade de Morros e Serras**

Essa unidade é composta por elevações proeminentes que se destacam das unidades de colinas Isoladas na superfície Pré-litorânea. Ocupam uma área de 109,15km<sup>2</sup> e é representada por morros de encostas íngremes com clinometria predominante variando de 12 a maiores que 30%, de topos convexos e vertentes irregulares com freqüentes afloramentos rochosos do embasamento cristalino (figura 4.4). O padrão de relevo predominante é o Da53, de morfografia montanhosa, com rampas coluviais nas bases das elevações de espessura moderada decorrentes da inclinação expressiva das vertentes. O padrão de drenagem recorrente é o dendrítico com alguns exemplares de padrão radial, condicionada pelo afloramento rochoso. A amplitude altimétrica chega em alguns pontos a 450m e a altitude máxima é de 590m. Apesar da pouca extensão da unidade, a drenagem é bem desenvolvida e apresenta as maiores densidades da bacia.



Figura 4.4: unidade de Morros e Serras vista a partir dos tabuleiros na localidade de Areinha, Vila Valério (foto: Schineider, 2011).

A terra é usada em pastagens, cafeicultura, silvicultura e poucos remanescentes florestais. Predomina a pequena propriedade explorada por mão-de-obra familiar.

#### **4.2.1.5 Unidade de Morrotes**

Predominam elevações que se destacam da unidade de colinosa pela altura das formas e clinometria das vertentes (figura 4.5). Ocupa uma área de 142,27km<sup>2</sup> e é representada por morrotes de encostas pouco íngremes, cuja clinometria varia de 12 a acima dos 30%. Os topos são convexos e estreitos e as vertentes irregulares com poucos afloramentos rochosos do embasamento cristalino. O padrão de relevo predominante é o Dc44. O sistema de drenagem varia de dendrítico a sub-dendrítico com lineamentos sutis condicionados por estruturas tectônicas. A amplitude altimétrica local varia de 80 a 160m e a altitude máxima é de 380m. O uso da terra também se restringe a pastagens, café, silvicultura de eucalipto e lavouras pontuais de cultura diversa.



Figura 4.5: unidade de Morrotes vista a partir da Serra da Pedra roxa, Município de Vila Valério (foto: Schineider, 2011).

#### **4.2.1.6 Unidade de Montanhas Residuais**

Caracteriza-se por pontões rochosos de topos convexos e estreitos que se destacam das unidades de colinas e morrotes em ocorrências pontuais (figura 4.6). Juntas, as unidades ocupam uma área de 6,41km<sup>2</sup>. As vertentes são íngremes com gradiente superior a 30% de inclinação. A amplitude local situa-se entre 150 e 350m, com altitudes máximas chegando a 640m, as maiores da bacia. Predominam afloramentos de rochas cristalinas com mantos coluviais sutis sobre os topos convexos onde se desenvolve vegetação de porte arbustivo. Na base, acumulam-se rampas de colúvio com abundância de matacões e cascalhos utilizadas como área agrícola de pastagens. Corresponde ao padrão de relevo Dc.



Figura 4.6: Montanhas isolados na cabeceira do Rio Barra Seca, Município de Nova Venécia (foto: Schineider, 2011).

#### **4.2.1.7 Unidade de Rampas de Pedimentos**

Essa unidade geomorfológica situa-se na margem do vale de fundo plano do médio curso do Rio Barra Seca e de alguns cursos fluviais da área de estudo, predominantemente ao longo dos Tabuleiros Pouco Dissecados e fortemente entalhados (figura 4.7 e 4.8). Consistem de depósitos de encostas de sedimentos argilo-arenosos ou areno-argilosos e resultam da suavização das bordas de tabuleiros, Colinas e Morrotes. Ocorrem de forma localizada ao longo do canal principal, contudo, exemplares menores podem ser encontrados em córregos secundários. A amplitude altimétrica varia entre 50 e 90 metros e a altitude máxima situa-se na faixa de 145m. A inclinação das rampas varia entre 6 e 12% e ocupa uma pequena área de 28,6km<sup>2</sup>, equivalente a 1,59% do total da área da bacia.



Figura 4.7: Rampas de Pedimentos situadas no médio curso do Rio Barra Seca, São João de Barra Seca, Município de Vila Valério (foto: Schneider, 2011).



Figura 4.8: Rampas de Pedimentos localizadas no Córrego do Jacaré, Município de São Mateus (foto: Schneider, 2011)

### **4.3 Depósitos Sedimentares Terciários da Formação Barreiras**

Segundo Bigarella e Andrade (1964, apud. Bigarella, 2003), a designação de Formação Barreiras é atribuída aos sedimentos de origem continental, pouco consolidados, dispostos em faixas estreitas ao longo da área costeira, desde o Estado do Rio de Janeiro até o Pará, adentrando ainda pelo vale do Amazonas. A Formação Barreiras é uma sequência de depósitos sedimentares que

caracterizam o início da deposição cenozóica. Sua ocorrência é mais expressiva na porção leste da bacia, abrangendo a área que vai desde a Reserva Biológica de Sooretama estendendo-se à cerca de 30 quilômetros a oeste, rumo ao interior da bacia.

Os principais levantamentos sobre a Formação Barreiras foram feitos por Amador (1982), que reconheceu duas fases específicas de pulsos deposicionais separadas por discordâncias, datadas do Mioceno ao Pleistoceno Inferior. A primeira é representada por sedimentos grosseiros (areias arcólicas e cascalhos) intercalados por camadas de argilas; a segunda fase compõe-se de sedimentos areno-argilosos constituindo lentes menos espessas. Moraes (2006) relacionou-os a depósitos sob influência de leques aluviais dominados por fluxos gravitacionais. As pesquisas realizadas pelo RADAMBRASIL (1987) informam que, após a homogeneização do nível topográfico pela deposição sedimentar de material predominantemente grosso, este foi recoberto por colúvios posteriormente pedogenizados, permitindo a evolução de Latossolos profundos e concreções ferruginosas (figura 4.9).

A ocorrência de processos erosivos que desgastam estes depósitos é atribuída a períodos recentes de maior umidade que provocam o entalhamento dos vales com e a remoção dos sedimentos neles localizados. Nos locais cortados por canais de drenagem de maior expressão se processa o entalhamento de vertentes que resulta em taludes com gradiente superior a 90% de inclinação, apresentando a forma de escarpas degradadas (Dantas e Medina, 2000 p. 13).



Figura 4.9: blocos de concreções lateríticas exumados pelo corte da estrada na localidade de Barra Seca, Município de Jaguaré (foto: Schineider, 2011).

#### **4.3.1 Tabuleiros Costeiros**

Predominam nessa unidade formas de relevo de degradação construídas sobre a sedimentação terciária da Formação Barreiras. Abrange cerca de 62% da área de estudo e se localiza nos municípios de Linhares, Sooretama, Jaguaré, Vila Valério e São Mateus. Para Saadi (1998), os processos de ordem neotectônica exerceram significativa influência na conformação desses terrenos, gerando basculamentos de terrenos e grabens que repercutem no direcionamento preferencial ou em inflexões abruptas dos canais ao longo dos tabuleiros costeiros, culminando com frequência em padrão de drenagem paralela. O padrão dendrítico também é presente na área de estudo com mais evidência nas áreas de transição morfoescultural na interface do compartimento de superfície pré-litorânea. Evidencia-se nesta morfoescultura a presença significativa de

depressões pseudo-cársticas<sup>5</sup> (ou depressões em topos planos), de conformação aberta ou fechada e formato circular (figura 4.10). As abertas servem de nascedouro para diversos córregos; enquanto as fechadas acumulam água em períodos sazonais de maior pluviosidade quando o lençol freático encontra-se com nível mais elevado. As particularidades pedológicas destas áreas, dotadas de solos de baixa fertilidade natural, explicam o seu não aproveitamento produtivo, salvo para a extração de areia.



Figura 4.10: Depressão Pseudo-Cárstica fechada vizinha à sede do Distrito de Fátima (Jaguaré). A linha contínua destaca o limite da área permanentemente inundada; a tracejada, o limite externo da depressão (imagem: ortofotomosaico lema/Vale, 2008).

---

<sup>5</sup> Ainda é limitado o conhecimento sobre a geomorfogênese das depressões pseudo-cársticas. Trata-se de compartimentos deprimidos da paisagem que chegam a um desnível negativo superior a 10m em relação ao nível local, e área de dezenas de hectares. Sua gênese se dá a partir de processos de aprofundamento geoquímico, conforme preconizado no conceito de “superfície de corrosão” de Wayland (apud. Cohler, 2001). O levantamento pedológico de caracterização micromorfológica promovido por Corrêa et. al. (2008), a partir de resultados de análises físicas, identificou nestas unidades solos de textura arenosa com nítido endurecimento do horizonte B indicando a possibilidade de cimentação por géis amorfos e materiais de baixa cristalinidade (sílica, alumínio ou ferro com a presença de carbono).

No contexto estadual, a faixa de relevo composta pelos Tabuleiros Costeiros é mais expressiva no litoral norte, alcançando cerca de 100km de largura na linha de divisa com o Estado da Bahia.

Na bacia do Rio Barra Seca, esta unidade morfoescultural divide-se em três feições distintas: Tabuleiros Muito Dissecados, Tabuleiros Pouco Dissecados e Escarpas de Tabuleiros, classificadas em função de suas especificidades morfológicas, do padrão de drenagem e do aprofundamento dos canais (figura 4.11).

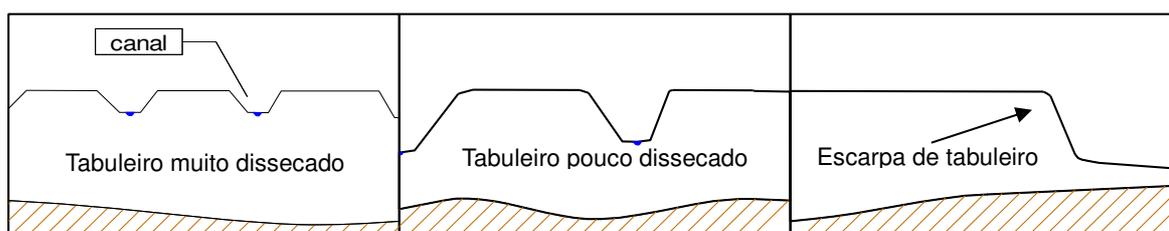


Figura 4.11: esboço esquemático dos principais padrões das unidades morfológicas presentes no relevo tabular da bacia do Rio Barra Seca (org.: V. Schineider, 2011)

#### 4.3.1.1 Unidade de Tabuleiros Muito Dissecados

A principal característica morfológica desta unidade é a alta densidade de drenagem associada quase sempre a pouca profundidade das incisões. Vales encaixados de maior profundidade se apresentam apenas nos canais principais. As vertentes são retilíneas com clinometria acima de 30% culminando em fundos de vales largos e planos. A amplitude altimétrica local varia entre 30 a 40m e a altitude total não ultrapassa os 70m (figura 4.12). Está representada pelos

padrões de relevo Dt22 e Dt23 e situa-se na interface de contato com as unidades de Colinas Isoladas e Morros e Serras, abrangendo frações dos municípios de Sooretama, Jaguaré, São Mateus e cobrindo uma área de 392,04km<sup>2</sup>.

Devido à topografia favorável, esta unidade é densamente ocupada pelas atividades agrícolas de silvicultura, fruticultura, cafeicultura e pastagens exploradas com alguma técnica, associadas a propriedades médias ou pequenos latifúndios e dotadas de sistemas de irrigação de pivô ou aspersão que são alimentados por pequenos represamentos nos canais ou poços tubulares. O grande número de represas se justifica pelo déficit hídrico regional. Os solos encontrados nos topos são Argissolos muito intemperizados; no fundo dos vales predominam Gleissolos. A pouca fertilidade natural dos solos demanda investimentos consideráveis para se tornarem produtivos à altura das demandas agrícolas de fruticultura voltada à exportação.



Figura 4.12: fisionomia da unidade de Tabuleiros Muito Dissecados. Ao fundo observa-se um vale raso usado em cultura de café na localidade de Juncado, município de Sooretama (foto: Schineider, 2011).

#### 4.3.1.2 Unidade de Tabuleiros Pouco Dissecados

Esta unidade é caracterizada por extensos platôs sobre os sedimentos terciários da Formação Barreiras, sulcados eventualmente por vales de profundidades variadas e fundos planos que comportam camadas argilo-siltosas de acumulação recente. Os vales apresentam processo de alargamento por meio da esculturação das vertentes. Os Tabuleiros Pouco Dissecados apresentam-se em duas subunidades distintas: a primeira encontra-se na porção centro-leste da bacia e perfaz área total de 510,53km<sup>2</sup>, a maior da bacia, possui vertentes retilíneas com gradiente médio de inclinação entre 12 e 20%, porém nos topos ela é inferior a 3%. A altitude máxima é de 90m (figura 4.13). A segunda subunidade localiza-se isolada na área central da bacia, entre a unidade de Morrotes, a oeste, e Morros e Serras, a leste. Possui extensão de 47,6km<sup>2</sup> e caracteriza-se por vales escavados em rochas pré-cambrianas que preservam no topo os sedimentos terciários da Formação Barreiras (Dantas e Medina, 2000 p. 14), as altitudes média são da ordem 120m e o gradiente clinométrico é semelhante à subunidade anterior (figuras 4.14). A amplitude altimétrica de ambas varia de 30m e 50m.

Os principais padrões de relevo são do tipo Dt33 e Dt42, sulcados predominantemente por sistema de drenagem dendrítica com incursões sutis do padrão paralelo. O uso da terra se apresenta em grande parte semelhante à unidade anterior, porém com extensas áreas contíguas de silvicultura de eucalipto, café irrigado e parte das florestas da Reserva Biológica de Sooretama, interrompidas eventualmente por depressões pseudo-cársticas.



Figura 4.13: relevo tabular pouco dissecado com fundo de vale plano, Córrego do Cupido, Juncado, Município de Sooretama (foto: Schineider, 2011).



Figura 4.14: Tabuleiros isolados vistos a partir da Serra da Pedra Roxa, Município de Vila Valério (foto: Schineider, 2011).

#### 4.3.1.3 Unidade de Escarpas

Essa unidade é específica do médio/baixo curso da bacia do Rio Barra Seca, notadamente ao longo das bordas dos tabuleiros marginais pouco dissecados a partir da localidade de São João de Barra Seca no município de Vila Valério. Abrange também uma fração da faixa de dobramentos remobilizados. Encontra-se representada no Mapa pelo padrão De e abrangem uma área de 18,01km<sup>2</sup>. De acordo com Dantas e Medina (op. cit.), resultam de atividades neotectônicas

responsáveis pela formação de grabens, onde se instalou o canal principal. Estes processos culminaram na conformação de escarpas estruturais íngremes e elevadas nas bordas dos tabuleiros marginais (figura 4.15) dotadas de incisões trapezoidais eventuais e sulcadas por tributários efêmeros com pouca capacidade de dissecação.



Figura 4.15: Escarpas de Tabuleiros de gradiente íngreme. Destaque para a Reserva Biológica de Sooretama, à esquerda, e o vale largo do Rio Barra Seca, abaixo. Localidade de Barra Seca, município de Jaguaré (foto: Schineider, 2011).

A clinometria possui gradiente elevado, acima de 70%; as vertentes são retilíneas com sutil ruptura côncava, no topo, e convexa, na base. Os desníveis são significativos, acima de 40m, chegando a 70m. Tais aspectos morfométricos fazem deste compartimento um dos mais susceptíveis à erosão dentre os demais da bacia.

#### **4.3.1.4 Depressões Pseudo-Cársticas**

Esta unidade ocorre totalmente sobre as formações tabulares nas áreas terciárias do Formação Barreiras. De acordo com Tricart e Silva (apud. RADAMBRASIL, 1987 p.183), estas feições estão relacionadas à drenagem subsuperficial favorecida pela cobertura sedimentar espessa dos tabuleiros. Ocorrem predominantemente em formato circular com diferentes dimensões e profundidades, concentrando-se em pontos distintos, da bacia notadamente na porção mais central.

As unidades selecionadas no mapeamento ocupam uma área de 2,6km<sup>2</sup>, porém, devido o volume de formações menores não visíveis na escala adotada, a área real abrangida é bem maior. A inclinação das vertentes é menor que 6% e a profundidade pode chegar a -15m em relação ao nível local. A maior parte encontra-se permanentemente inundada, formando lagoas ou brejos; quando secas, permitem apenas o desenvolvimento de vegetação de mussununga com formações arbustivas baixas. O solo, extremamente arenoso, limita o uso agrícola, contudo verificam-se tentativas de drená-las ou cultivá-las com pastagens. São identificadas no mapa geomorfológico pela sigla Pc e, embora estejam localizadas sobre a unidade de tabuleiro onde ocorrem processos erosivos, não se enquadram nos padrões denudacionais ou mesmo agradacionais, predominantes no mapeamento.

#### **4.4 Depósitos Sedimentares Quaternários**

A evolução geológica durante o Quaternário, com variações eustáticas ao longo da costa do Brasil, foi responsável pela alternância entre os processos continentais (deposicionais) e os processos marinhos (erosivos e deposicionais), que repercutiram diretamente no trabalho erosivo promovido pela hidrografia no relevo imediatamente anterior, os tabuleiros costeiros. Apresentam-se na área de estudo sob a forma de acumulações inconsolidadas de materiais detrítico-lateríticos, arenosos, predominantemente residuais, trabalhados por ações flúvio-lagunares e/ou fluviais.

Os depósitos sedimentares encontram-se distribuídos de forma irregular na bacia, notadamente ao longo do Rio Barra Seca e alguns de seus principais tributários. Ocupam também aluviões em várzeas represadas por kinickpoints nas porções de montante. De acordo com Vervloet (2008), estes depósitos retratam estratigraficamente a atuação de processos fluviais erosivos sobre as estruturas coluviais e sedimentares do terciário. Resultam da atuação de processos intempéricos de modelação geomorfológica regional que dá novas feições aos fundos de vales próximos à costa. É representado na área de estudo pela morfoescultura de planícies flúvio-lagunares.

##### **4.4.1 Planície Flúvio-Lagunar**

A planície flúvio-lagunar compreende um conjunto de formas de relevo de agradação gerado a partir do pleistoceno superior por processos de colmatação

evidenciados ora pela ação de deposição fluvial em áreas de baixa energia do rio; ora pela decantação de partículas finas em ambiente lagunar (Dantas e Medina, op. cit. p.16). Estes processos foram determinados pelos ciclos regressivos e transgressivos marinhos, atuantes na costa leste brasileira (Suguio et. al., 1985) que impuseram, no caso do Rio Barra Seca, um represamento natural na zona de contato com os depósitos flúvio-marinhos que resultou neste ponto num alargamento expressivo do canal e no solapamento do vale (figura 4.16).

Este compartimento morfoescultural encontra-se representado na área de pesquisa por duas unidades: planície fluvial e planície lagunar, ambas localizadas em fundos planos de vales planos, nos principais canais da rede hidrográfica.



Figura 4.16: represamento natural provocado por cordões arenosos pleistocênicos (linha vermelha) na área de contato do Rio Barra Seca com a Planície Quaternária do Suruaca (imagem: ortofotomosaico lema/Vale, 2008).

#### 4.4.1.1 Unidade de Planície Fluvial

Segundo a concepção de Martin et. al. (1980), as planícies fluviais são formadas a partir de depósitos arenosos ou argilo-arenosos em vales encaixados de fundo plano, eventualmente inundadas e em locais onde a disponibilidade de energia do rio é baixa para o transporte sedimentar. Esta unidade aparece nos fundos de vales dos principais tributários da bacia e se apresenta em praticamente toda extensão do canal principal do Rio Barra Seca (figura 4.17) Está representada pelo padrão de relevo Apf, cobrem uma área não contígua de 40,58km<sup>2</sup> e são encontradas encravadas em praticamente todas as demais unidades.

Por se tratar de áreas permanentemente úmidas mesmo durante a estação seca, estas planícies sofreram modificações significativas através de obras de drenagem e retificação de seus córregos para serem utilizadas em pastagens ou lavouras temporárias que são acomodadas em Neossolos Flúvicos ricos em matéria orgânica. Também são ocupadas por represas voltadas a reserva de água para suprir os sistemas de irrigação das lavouras permanentes e anuais.

Esta unidade ocupa uma área de 40,58km<sup>2</sup>, sendo mais evidente no médio e baixo curso da bacia.



Figura 4.17: Planície Fluvial drenada usada como pastagem na proximidade da sede do distrito de São João de Barra Seca, Município de Vila Valério. Ao fundo destacam-se Rampas de Pedimentos (foto: Schineider, 2011).

#### 4.4.1.2 Unidade de Planície Lagunar

Martin et. al. (1999a) afirmam que morfologias deste tipo foram geradas a partir do último máximo transgressivo (cerca de 5.100 anos a.p) com o isolamento de corpos lagunares a partir da formação de cordões arenosos que preencheram as reentrâncias da linha de costa, permitindo a colmatação pela sedimentação flúvio-lagunar com o movimento regressivo subsequente. As planícies lagunares resultam de processos recentes de acumulação e são compostas por depósitos argilosos ou argilo-silte-arenosos acrescidos de matéria orgânica (Dantas e Medina, 2000 p.16). Sua principal diferença em relação ao compartimento anterior se deve ao caráter brejoso permanentemente inundado, que limita o uso agrícola às bordas, ocasionalmente drenadas para favorecerem a ocupação (figuras 4.18 e 4.19).

A dimensão da área ocupada é de pouca significância em relação à área total da

bacia, restringe-se ao vale largo na faixa de jusante do Rio Barra Seca e a outros poucos pontos distribuídos aleatoriamente no perímetro da bacia. Está representada cartograficamente pelo padrão de relevo Apl e abrange uma área total de 25,3km<sup>2</sup>.

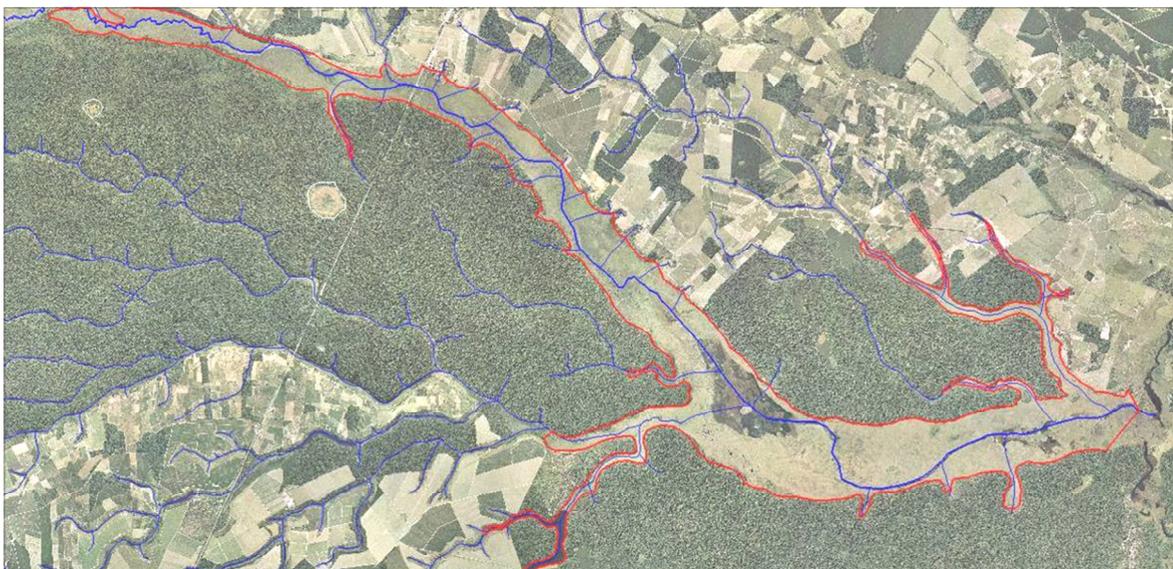


Figura 4.18: Planície Lagunar (limite vermelho) na área do baixo curso da bacia do Rio Barra Seca. Destaque para as áreas florestadas das UCs de Sooretama e Vale (imagem: ortofotomosaico IEMA/Vale-2008).



Figura 4.19: Planície Lagunar à margem da BR 101, área do baixo curso do Rio Barra Seca. Localidade de Barra Seca, Município de Jaguaré (foto: Schineider, 2011).

#### 4.5 Geomorfogênese

De acordo com os levantamentos promovidos pelo RADAMBRASIL (1987), na área abrangida pela bacia do Rio Barra Seca é raro encontrar evidências sedimentológicas da evolução morfogenética do Cenozóico Inferior ou períodos mais antigos, entretanto, nas épocas mais recentes do Terciário e Quaternário, torna-se menos complexo reconstituir as etapas da evolução morfogenética, encontrando-se com maior frequência indicativos morfológicos e sedimentares que traduzem os sucessivos processos morfogênicos.

Predominam na bacia hidrográfica do Rio Barra Seca os modelados que resultam dos processos de dissecação fluvial, condicionados pela influência da morfoestrutura sobre a rede de drenagem. Segundo proposições do RADAMBRASIL (op. cit.), a dinâmica morfogenética da área é determinada genericamente por dois processos principais: o primeiro, associado à compensação isostática ocorrida no limiar do Pleistoceno, refere-se à uma flexura continental que provocou o arqueamento da superfície litorânea após a deposição do Barreiras. A direção da flexura varia em cada local e não apresenta homogeneidade, podendo ser observada nos lineamentos existentes nos Tabuleiros Costeiros. O segundo está relacionado às variações glacio-eustáticas que geraram nos sucessivos períodos glaciais e inter-glaciais dinâmicas específicas de erosão e deposição no continente e na linha de costa.

Durante o Terciário Médio, a área correspondente às Superfícies Pré-litorâneas da bacia, foi submetida a condições climáticas que produziram um manto de

alteração espesso. Parte destas alterações ainda podem ser encontradas nos sopés das colinas e morrotes. Para King (apud. RADAMBRASIL, op. cit.), esta fase corresponde ao ciclo de aplanamento situado no Mioceno Inferior ao qual denominou Ciclo Velhas. Segundo autores como Mabessone et. al. (apud. RADAMBRASIL, op. cit.), os episódios fazem parte de uma fase de intemperismo que se intercalou com as fases mais antigas de deposição da Formação Barreiras. Bigarella e Andrade (1964; apud. Bigarella, 2003) sugerem que durante o Terciário inferior, eventos climáticos extremos submeteram os planaltos situados a oeste a intenso processos erosivos, resultando no transporte de imenso volume sedimentar rumo à zona costeira onde se depositaram e deixaram homogênea as diferenças topográficas ora existentes. Os mesmos autores salientam ainda que a Formação Barreiras corresponde a depósitos correlativos originados de significativas e frequentes alterações climáticas para o estado de aridez extrema, favorecendo a retenção dos sedimentos na topografia pré-deposicional compartimentada.

Amador (1982), analisando os depósitos da Formação Barreiras no norte do Espírito Santo, observou a existência de camadas arenosas litificadas por sílica, separadas de sequência arenosa arcoseana por camadas de folhelhos rica em fósseis vegetais; diferente das observadas no sul do Estado, onde ocorre apenas uma camada sedimentar Pleistocênica em contato direto com o embasamento cristalino. De acordo com o autor existe um estreito relacionamento entre a geometria das bacias de deposição e a natureza dos depósitos. Ainda considera essa área como faixa de transição entre os domínios morfoclimáticos do Sudeste e Nordeste brasileiro durante o Terciário Superior.

Em linhas gerais, os depósitos da Formação Barreiras ainda são pouco conhecidos, tanto no que diz respeito as suas propriedades sedimentares, quanto as suas características tectônicas. Lima et. al. (2006), em estudo sobre a caracterização sedimentar do Barreiras no litoral sul da Bahia, enumeram constatações que, em função das similitudes fisiográficas existentes com o norte do Espírito Santo, podem ser estendidas para a Bacia do Rio Barra Seca. Sobre a caracterização sedimentar da referida área, os autores afirmam que:

As feições canalizadas individuais e amalgamadas presentes em quase toda a extensão da Formação Barreiras, além da identificação dos elementos arquiteturais sob formas de leito arenosos (SB) em alguns locais, de canais (CH) e finos de transbordamento (FF) em quase toda a área, revelam que os sistemas fluviais foram os agentes predominantes durante o transporte e deposição dos sedimentos. Associações entre os elementos SB, CH e FF mostram uma íntima associação entre os elementos fluviais arenosos na área de fluxo principal das correntes, e lamosos nas áreas de inundação, reforçando a idéia de domínio fluvial para a deposição dos sedimentos Barreiras. Os fluxos gravitacionais de sedimentos também estiveram presentes, mas é provável que os sedimentos depositados por esses fluxos tenham sido retrabalhados pelos pequenos canais, amplamente registrados nos afloramentos do litoral sul da Bahia. Tendo por base a espessura dos pacotes arenosos que compõem o elemento CH e a espessura das seqüências individuais (*sets*) das estruturas sedimentares hidrodinâmicas, os canais deveriam atingir poucos metros de profundidade (cerca de 3 m), com largura na ordem de algumas dezenas de metros. As observações de campo sugerem que a maior parte dos depósitos é de origem fluvial, em canais entrelaçados. (Lima et. al, 2006 p. 75)

Os referidos autores também propõem duas fases específicas de deposição sedimentar da Formação Barreiras: a primeira compõem-se predominantemente de arenitos arcoseanos e argilitos claros com evidências de canais entrelaçados e fluxos detríticos durante climas quentes e secos. Na segunda fase deposicional ocorrem arenitos quartzosos e argilitos espessos em canais menores, entrelaçados em bem definidos (figura 4.20).

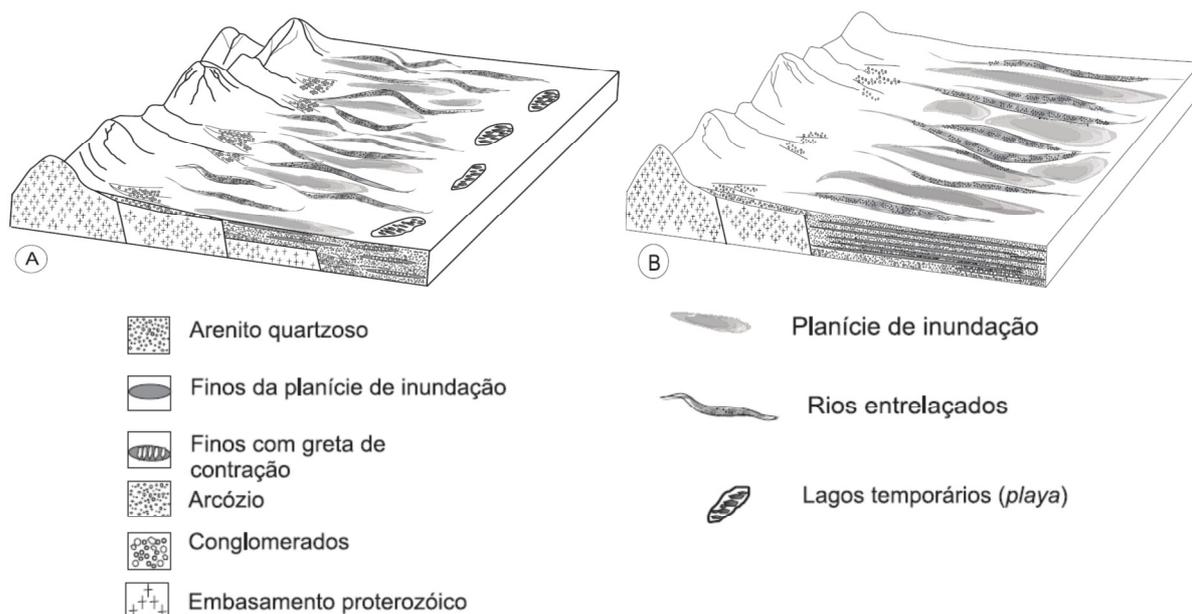


Figura 4.20: Fases de deposição para a Formação Barreiras. **A**: Fase inicial, onde predominaram canais entrelaçados e lagos temporários em clima quente e seco. Arcósios e argilitos são as litofácies mais comuns. **B**: Fase onde predominaram canais entrelaçados maiores, com desenvolvimento de planícies de inundação. Arenitos quartzosos e argilitos são as litofácies predominantes (fonte: Lima et. al., 2006).

Com a consolidação dos depósitos sedimentares durante o Terciário superior, evidenciou-se no período seguinte um ciclo de regularidade climática local que propiciou a acomodação da rede de drenagem e o entalhamento do relevo com o aprofundamento dos vales. Coltrinari (1992) defende a tese da evolução morfológica quaternária calcada na dinâmica das forças endógenas e exógenas. Esta inferência contrasta com modelo clássico de alteração entre climas úmidos e áridos usado para explicar a evolução dos modelados da faixa temperada, também aplicada no clima tropical. A autora salienta que o equilíbrio climático do Quaternário, com regularidade de temperatura e umidade, permitiu, por exemplo a pedogênese latossólica, conforme pode ser verificado nos materiais transportados para os fundos de vales. A evolução quaternária do relevo

se dá em função da susceptibilidade de cada área face aos impulsos de energia internos, oriundos de ação neotectônica, e externos, condicionados por impulsos do clima.

Os levantamentos do RADAMBRASIL (op. cit) observaram no norte do Espírito Santo e Sul da Bahia “certa instabilidade” onde os extratos dos depósitos do Barreiras foram deslocados por pequenas falhas. O mesmo fenômeno também é descrito por Coelho e Lima (2006), ao identificarem linhas de falhamentos em cortes de estradas e encostas no Estado de Sergipe, e por Saadi (1998), em cortes da BR 101 no sul do Estado da Bahia. Os falhamentos, juntamente com as anomalias na rede de drenagem nos Tabuleiros Costeiros relatadas por Silva e Tricart (apud. RADAMBRASIL, op. cit), evidenciam a presença de eventos neotectônicos ocorridos no Quaternário Inferior. Para Saadi (op. cit.) e Lima et. al. (op. cit.), as inflexões abruptas dos canais e a mudança do padrão de drenagem nos Tabuleiros do sul baiano são indicativos de ação neotectônica, entretanto, salientam que a cinemática de tais movimentos ainda é desconhecida.

Saadi (op. cit.), observa que a atividade neotectônica imprimiu um forte controle sobre os processos morfogenéticos na Formação Barreiras recorrentes desde o Plioceno até os dias atuais. Segundo o autor, o controle morfogenético produziu variadas feições neotectônicas que permitiu classificar preliminarmente suas estruturas em: falhas de direção NW-SE, falhas de direção NE-SW, grabens dos baixos cursos fluviais, zonas de falhas de direção E-W e blocos basculados.

A caracterização das evidências de atividade neotectônica citadas por Saadi (op. cit.) e Lima et. al. (op. cit.) são perfeitamente aplicáveis na bacia do Rio Barra Seca, tendo em vista que a área ocupada pela Formação Barreiras que se estende do Município de Aracruz, no Espírito Santo, até Porto Seguro, na Bahia, é contígua, com similaridades tanto nas características dos sedimentos, quanto na configuração dos canais de drenagem. As inflexões abruptas na direção de fluxo da drenagem condicionadas pela ação neotectônica podem ser observadas ao longo do canal principal do Rio Barra Seca, no Córrego do Cupido e em diversos outros córregos da bacia.

Os eventos neotectônicos que se afiguram no direcionamento da drenagem e no encaixe dos vales constituem importantes agentes na evolução morfogenética da bacia, contudo, as variações eustáticas ocorridas no Quaternário são também responsáveis pela atual dinâmica deposicional presente nos setores do baixo curso do Rio Barra Seca, influenciada pelo barramento natural ocasionado por cordões arenosos pleistocênicos depositados durante a última transgressão marinha. O levantamento do RADAMBRASIL (op. cit.) concluiu por quatro fases distintas de eventos morfogenéticos referentes à transgressão e regressão marinha: na primeira, ocorrida há 120.000 anos a.p., o mar encontrava-se entre 6 a 10m acima do nível atual, originou os terraços marinhos mais antigos observados no limiar da Formação Barreiras ao norte do Rio Doce; a segunda fase caracteriza-se pela regressão marinha no Pleistoceno Superior. O episódio de glaciação regrediu o mar a mais ou menos 110 a 130m abaixo do nível atual, prolongando a rede de drenagem em direção à plataforma continental e promovendo o aprofundamento dos vales. Na terceira, entre 18.000 e 10.000

anos a.p., o fim da glaciação condiciona uma nova transgressão e o mar atingiu os atuais limites da Formação Barreiras, provocando o afogamento dos *canyons* pleistocênicos e a formação das atuais rias. A quarta fase é caracterizada pelo estacionamento do nível relativo do mar; caracteriza-se pela deposição dos cordões litorâneos e a colmatação de lagunas encontrados na área pantanosa do baixo curso do Rio Barra Seca.

Este, portanto, é o quadro da evolução morfogenética da bacia do Rio Barra Seca, analisado desde a deposição dos sedimentos da Formação Barreiras até as dinâmicas morfoclimáticas quaternárias, condicionadas principalmente pela ação neotectônica pela recorrência de eventos transgressivos e regressivos do nível de base.

#### **4.6 Considerações**

O panorama geomorfológico da bacia hidrográfica do rio Barra Seca reflete o contraste entre morfoestruturas antigas, de natureza complexa, e os depósitos sedimentares cenozóicos, com dinâmicas próprias de denudação e acumulação, consubstanciados pela ampla interferência antrópica. O conhecimento detalhado destas unidades, da geomorfogênese e de suas respectivas limitações de uso constituem informações de importância capital para direcionar formas de exploração racionalizada alinhadas com a configuração físico-climática existente na bacia. Nesse sentido, o conhecimento razoável das fragilidades e potencialidades do relevo é requisito básico para a boa organização dos espaços agricultáveis da bacia, contudo, não é o único, passa invariavelmente pela adoção

de práticas conservacionistas e técnicas que conduzam os usos múltiplos da terra a um patamar de impactos mínimos.

Dentro do viés de gerar menos passivos na relação historicamente dicotômica do homem com os recursos naturais, diversos marcos regulatórios advindos de políticas ambientais brasileiras foram implementados formando um bloco de políticas voltadas ao ordenamento territorial e à manutenção ou recuperação dos potenciais produtivos naturais dos sistemas ecológicos.

A ordenação do território na sua vertente ecológica é instrumentalizada pelo conhecimento da inter-relação dos fatores naturais da paisagem como a geomorfologia, o clima e geologia, e tratando-se de áreas voltadas à agricultura, o ordenamento por meio da delimitação de zonas naturais, passa minimamente pelo levantamento pedológico, mapeamento do uso da terra, aspectos hidrogeomorfológicos relacionados à textura do relevo e configuração da rede de drenagem. O próximo capítulo se deterá exclusivamente em testar a metodologia de zoneamento proposta por Ross (1994) e analisar como a interação de algumas destas variáveis pode determinar os níveis de fragilidade a processos erosivos nos compartimentos geomórficos da área de estudo.

## **CAPÍTULO 5**

**Zoneamento ambiental: caracterização empírica da fragilidade ambiental da bacia hidrográfica do Rio Barra Seca**

## 5.1 Zoneamento ambiental

Os zoneamentos tem sido genericamente utilizados em diversos segmentos das atividades humanas como instrumentos multifinalísticos de delimitação e ordenamento territorial, sendo aplicados tanto nos espaços culturais para demarcar fronteiras étnicas, a exemplo dos casos indígenas e quilombolas brasileiros, como em espaços de natureza físico-biológica em zoneamentos agrícolas e planos de manejo de Unidades de Conservação, todos previstos pela legislação brasileira.

As estratégias de se implementar instrumentos de ordenamento territorial voltado a uma organização coerente do uso da terra pelas atividades humanas, tem sido, em particular, o objeto principal do chamado Zoneamento Ecológico Econômico (ZEE). O ZEE é vinculado à proposta de desenvolvimento sustentável, constitui-se um método de organização do território, compulsoriamente utilizado na implementação de obras e atividades públicas e privadas. Ele estabelece limites para o uso da terra e formas de proteção destinados a assegurar o equilíbrio ambiental dos recursos hídricos e do solo, além da conservação da biodiversidade, garantindo o desenvolvimento e a melhoria das condições de vida da população (BRASIL, 2002).

O ZEE possui relação direta com o planejamento ambiental. Consiste em identificar as fragilidades e as potencialidades do local de sua aplicação voltado ao uso racional dos recursos naturais sob a égide preservacionista. Esta meta visa principalmente à recuperação daquilo que foi degradado na natureza pela

exploração humana desregrada, reconstruindo um cenário ecológico ideal, além de conservar os recursos naturais remanescentes (Paula e Sales, 2007). Planejar o ambiente é, antes de tudo, compreender o significado da unidade ambiental local frente ao seu papel no conjunto regional. Esta ação passa pelo diagnóstico ambiental em suas múltiplas instâncias: físicas, bióticas e antrópicas. Este levantamento sistemático do espaço geográfico objetiva obter as informações necessárias para subsidiar ações de normatização de uso da terra e dos recursos da natureza, seguindo uma linha ética de desenvolvimento. Santos (2004) argumenta que o planejamento ambiental se faz necessário para alcançar o desenvolvimento equilibrado, pois analisa sistematicamente as potencialidades e riscos inerentes à utilização dos recursos naturais para o desenvolvimento da sociedade.

O trabalho de zoneamento é uma atividade transversal, multidisciplinar e demanda a contribuição de profissionais de diferentes ramos das ciências. Tratando-se, então, de ZEE, o arcabouço de recursos e participações deve ser ainda ampliado, pois a metodologia oficial brasileira implementada pelo Ministério do Meio Ambiente através de Becker e Engler (1997) é interdisciplinar e utiliza dados multitemáticos geotécnicos e sociais, passível apenas de ser aplicada em escalas pequenas, de abrangência macrorregional<sup>6</sup>. A proposta de Crepani (2001) para a elaboração ZEEs é altamente matematizada, se utiliza de uma plêiade de variáveis que envolvem os diferentes tipos solos, clima, geologia, geomorfologia e uso da terra, considera também aspectos relativos às restrições legais em área de

---

<sup>6</sup> A proposta de ZEE de Becker e Engler (op. cit.) foi inicialmente gestada para atender a área abrangida pela Amazônia Legal. Leva em consideração os aspectos geoespaciais daquela unidade e possui escala básica de trabalho na ordem de 1:1.000.000 – mesma escala da maioria dos mapeamentos temáticos efetuados pelo RADAMBRASIL.

preservação permanente (APP) e Unidades de Conservação. O procedimento de cruzamento das variáveis físicas e legais é feito através da álgebra de mapas<sup>7</sup> em ambiente de SIG e gera como produtos finais mapas de fragilidade à perda de solos, aptidão agrícola, incompatibilidade legal e indicações de uso da terra. A síntese final do ZEE proposto por Crepani (op. cit) é o “mapa de gestão territorial” que aponta os usos preferenciais das unidades naturais levando em conta os respectivos índices de fragilidade que cada uma possui (Crepani et. al in: Florenzano, 2008).

O mapa de avaliação do relevo executado pelo RADAMBRASIL (1987) constitui-se outro referencial metodológico para inferências mais simplificadas quanto às potencialidades e limitações das paisagens, utilizando como base aspectos morfodinâmicos dos compartimentos geomorfológicos frente ao uso social da terra. O levantamento do RADAMBRASIL (op. cit.) leva em consideração aspectos hidroclimáticos, morfodinâmicos e expõe as principais características ambientais da unidade e as limitações predominantes em cada morfologia. Seus pressupostos teóricos apoiam-se principalmente na Ecodinâmica de Tricart (1977), cuja análise da morfodinâmica de determinada forma de relevo ou compartimento é obtida por meio do balanço morfogênese – levando em conta a esculturação do relevo favorecido pelo escoamento superficial, e pedogênese – considerando o aumento da espessura manto de alteração favorecido pela infiltração da água.

---

<sup>7</sup> De acordo com Barbosa (1997), o termo "Álgebra de Mapas" é utilizado em Geoprocessamento e Sensoriamento Remoto para denotar o conjunto de operadores que manipulam em ambiente digital campos geográficos (imagens, mapas temáticos e modelos numéricos de terreno).

As potencialidades e/ou fragilidades dos ambientes estão associadas à inter-relação de fatores distintos da paisagem, sendo o clima, relevo, solo e o uso social da terra as principais variáveis. De acordo com Tricart (op. cit.), a inter-relação destas variáveis culmina, ao longo tempo, em ambientes com predominância de processos morfogenéticos ou pedogenéticos, sendo que a ocorrência expressiva do primeiro, onde predominam atividades antrópicas, é indicativo claro de transgressão e desequilíbrio ambiental que pode repercutir em consequências indesejáveis para a continuidade ou mesmo a inviabilidade das atividades sociais.

Ross (1994), com base no princípio conceitual da Ecodinâmica de Tricart (op. cit.), elaborou uma metodologia operacional de análise prática das unidades de paisagem, tendo um produto síntese que expressa os diferentes graus de fragilidade que o ambiente possui em função de suas propriedades genéticas. A metodologia da “fragilidade empírica” fundamenta-se no princípio de que a paisagem resulta do funcionamento intrínseco de seus componentes físicos e bióticos. Sua aplicação prática apóia-se nos levantamentos básicos de relevo, solo, geologia, clima, cobertura vegetal e outros, analisados de forma integrada (Ross et. al., 2005). A fragilidade empírica corresponde a uma investigação dos níveis de sensibilidade das unidades ambientais diante da própria dinâmica natural das variáveis físico-bióticas, tem como produto final um zoneamento cartográfico onde são delimitadas áreas com limitações ambientais comuns.

A proposta adaptada de Ecodinâmica também é aplicada por Ross (2006) em Ecogeografia ao utilizar o balanço morfogênese/pedogênese do extrato

geomorfológico como base referencial de trabalho no zoneamento ambiental do Vale do Ribeira no estado de São Paulo. Segundo o autor, o planejamento territorial público deve levar em conta a fragilidade ambiental, identificada a partir de uma avaliação integrada das potencialidades naturais do ambiente, compatibilizando suas características naturais com suas restrições (Ross et. al., 2005). Os níveis de fragilidades estão associados à ecodinâmica à qual os espaços se submetem, leva sempre em consideração a inter-relação das variáveis físicas já citadas anteriormente.

Feitoza et. al (2001) propõe uma concepção diferenciada de zoneamento através da sistematização de unidades naturais no estado do Espírito Santo. Os fatores-chave usados no desenvolvimento deste trabalho foram à temperatura, topografia (clinometria), distribuição pluviométrica anual, fertilidade dos solos, hidrografia e influência marinha. O modo de divisão das variáveis clima e solos em classes vinculou-se, em primeiro lugar, a observações sobre a correspondência de cada uma delas com aspectos relacionados às atividades humanas; em segundo, a outras formas bióticas e atributos físicos intrínsecos. A proposta de unidades naturais secciona o estado do Espírito Santo em níveis hierárquicos escalares distintos, compreendidos por zonas, subzonas e províncias, tendo como resultado final um mapa de zoneamento na escala de 1:400.000, voltado, sobretudo, ao planejamento das políticas agropecuárias do Estado.

Por ser um trabalho eminentemente de proposição agrônoma, focado na investigação das potencialidades agrícolas das unidades morfoclimáticas do Estado, o fator clima, relativo à distribuição pluviométrica anual, e as condições

físico-químicas dos solos são variáveis preponderantes na obra. A geomorfologia aparece discretamente na sua vertente morfométrica quando os autores adicionam a “declividade” dos terrenos como variável na composição do mapa principal.

Ao observarmos holisticamente o conceito de ecodinâmica de Tricart (op. cit.) e as derivações metodológicas de zoneamentos desenvolvidas e adaptadas por autores como Becker e Egler (op. cit), Crepani (2001), Ross (1994) e Feitoza et. al (2001), notamos que possuem o viés comum de dividir as variáveis físicas do ambiente em categorias de fragilidade ou níveis de corte (no caso da proposta de Feitoza et. al, 2001), inter-relacioná-las matematicamente por meio de álgebra de mapas em ambiente de SIG (ou overlays no modelo mais antigo) que resultam sempre em mapas temáticos propositivos ou simplesmente analíticos. Os propositivos, como os de Crepani (op. cit.) e o de Feitoza et. al. (op. cit.), focam principalmente o agrozoneamento, sugerindo formas equilibradas de uso dos recursos naturais em consonância com fragilidade à erosão ou potencialidade solo/climática natural de cada unidade. Já os analíticos, como os de Ross (op. cit.), destacam as fragilidades dos conjuntos ambientais sob o princípio de que a natureza apresenta funcionalidade intrínseca entre suas componentes físicas e bióticas. Neste caso o produto do zoneamento tem por principal finalidade subsidiar o planejamento ambiental tendo por base a unidade da paisagem. O planejamento ambiental argumentado por Ross (op. cit.) é uma ferramenta fundamental diante do histórico brasileiro de vigorosos processos de degradação da natureza e agressivos processos de exploração com grandes desperdícios de recursos naturais.

## 5.2 Dos procedimentos operacionais adotados

Para a etapa descritiva das unidades do zoneamento ambiental da área de estudo, optou-se pela ampliação do nível de detalhamento da Carta de relevo do RADAMBRASIL. Os procedimentos metodológicos adotados estão embasados na proposta de Ross (1994) adaptada de Tricart (op. cit.), tendo por premissa o estado de estabilidade/instabilidade ao qual o ambiente está constantemente submetido. A noção de estabilidade/instabilidade erosiva foi levantada inicialmente por Hack (1965, apud. Caseti, 2001) que a considera por sob a perspectiva sistêmica, sendo resultante do balanço entre processos morfogenéticos e a resistência do terreno. Para o autor, as formas de relevo e os depósitos superficiais possuem uma íntima relação com a estrutura geológica.

Ross (op. cit.) sistematizou uma hierarquia nominal de diferentes condições de fragilidade representadas pelas expressões: muito baixa (1), baixa (2), média (3), alta (4) e muito alta (5). Estas categorias expressam o grau de fragilidade do ambiente em relação aos processos erosivos desencadeados pelo escoamento superficial difuso e/ou concentrado das águas pluviais. Ross (2005) categoriza a fragilidade em dois segmentos distintos: fragilidade potencial – referente à fragilidade do ambiente antropizado, considerando assim os espaços de segunda natureza transformados pelo trabalho do homem; e fragilidade ambiental – associada à “fragilidade natural” dos ambientes onde predominam os processos naturais em que as transformações da natureza ainda decorrem principalmente da convergência de fatores elementares de caráter endógeno e/ou exógeno. A fragilidade potencial e a fragilidade ambiental são analisadas e avaliadas no

ambiente frente aos níveis de proteção do solo, considerando os variados usos, diante das intempéries naturais. Assim, as variadas formas de uso da terra implementadas pelo homem e os diferentes quadros apresentados nas paisagens naturais são variantes de dinâmicas distintas de evolução das feições geomórficas, ora favorecendo a ampliação do manto de alteração litológica e a pedogenização, no caso de ambientes com solos estáveis e protegidos pela vegetação; ora desencadeando eventos erosivos ou destrutivos, no caso de ambientes instáveis, naturalmente desequilibrados ou degradados pelo homem.

O mapa de zoneamento ambiental aqui proposto objetiva delimitar zonas homogêneas referentes aos diferentes níveis de fragilidade ambiental a partir da intersecção das fragilidades relacionadas à configuração morfométrica e morfodinâmica do relevo; das advindas da relação de exploração da terra pelos empreendimentos humanos e daquelas resultantes da própria composição natural dos solos que podem ser mais ou menos propensos a eventos erosivos ou de movimentos de massa. Cada um dos temas foi subdividido em cinco níveis de fragilidade, posteriormente foram submetidos à álgebra de mapas em SIG. O procedimento básico de execução se pautou no tripé: seleção da metodologia e da base conceitual, na primeira etapa; levantamento de campo e laboratório das variáveis morfologia, solos e uso da terra, etapa intermediária; integração e análise espacial das informações em ambiente de SIG na elaboração do produto síntese (figura 5.1).

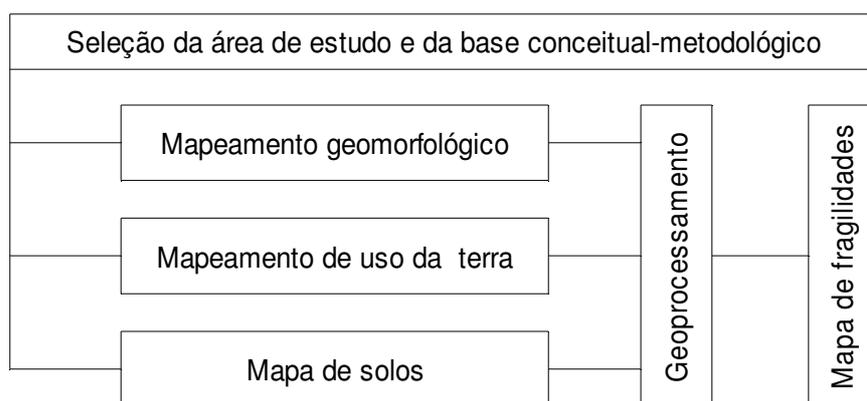


Figura 5.1: diagrama simplificado do esquema para composição do mapa de fragilidade ambiental

### 5.2.1 Variável Geomorfológica

A fragilidade das unidades ambientais está diretamente relacionada aos tipos de relevo e suas variáveis morfográficas, tais como as escarpas de tabuleiros, e morfométricas, relativas ao gradiente clinométrico (figura 5.2) e amplitude altimétrica local do relevo, ambas já assinaladas no mapa geomorfológico. Cada compartimento é dotado de um nível distinto de fragilidade que corresponde à propensão aos eventos erosivos, conforme o tipo de uso e cobertura da terra e intensidade das atividades antrópicas que se estabelecem.

Valores altos de amplitude do relevo, declividade e grau de dissecação propiciam maior intensidade dos processos morfodinâmicos e mais elevada sujeição dos terrenos à erosão e movimentos de massa (Dantas e Medina, 2001 p.31). Em relação à morfometria, Ross (1994) estabelece classes hierárquicas para a análise da fragilidade do relevo considerando os valores obtidos no mapeamento clinométrico (tabela 5.1) e no levantamento dos índices de dissecação (tabela

5.2).

**Tabela 5.1: categorias hierárquicas de clinometria e relevo**

<b>Fragilidade</b>	<b>Clinometria</b>
1 - Muito baixa	< 6%
2 - Baixa	6 a 12%
3 - Média	12 a 20%
4 - Alta	20 a 30%
5 - Muito alta	>30%

Fonte: adaptado de Ross (op. cit)

**Tabela 5.2: categorias hierárquicas da matriz de dissecação do relevo**

<b>Fragilidade</b>	<b>Índice de dissecação na matriz</b>
1 - Muito baixa	11
2 - Baixa	12, 21, 22
3 - Média	13, 23, 31, 32, 33
4 - Alta	14, 24, 34, 41, 42, 43, 44
5 - Muito alta	15, 25, 35, 45, 51, 52, 53, 54, 55

Fonte: adaptado de Ross (op. cit.)

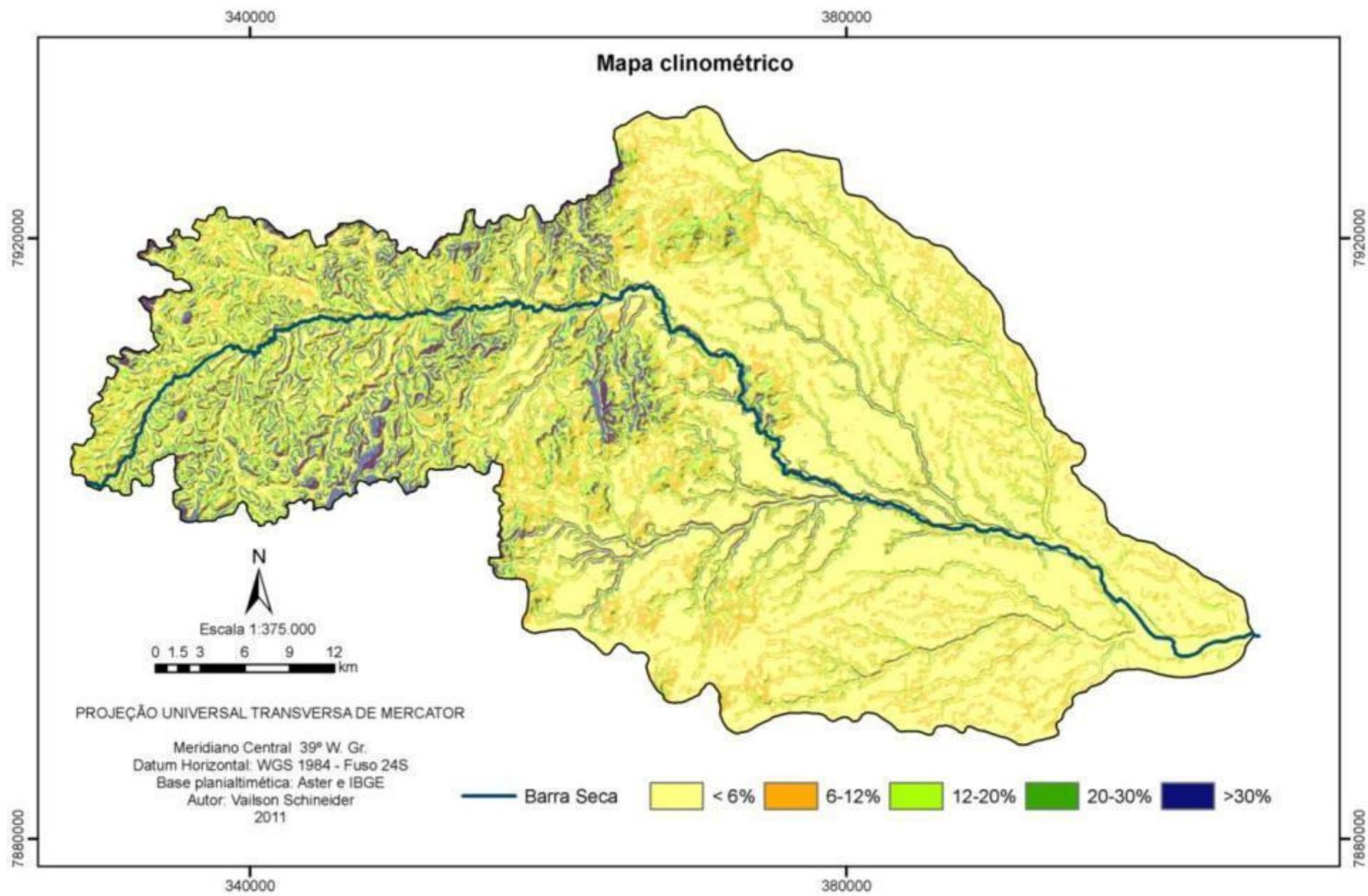


Figura 5.2: mapa clinométrico da bacia hidrográfica do Rio Barra Seca

### 5.2.2 Variável Solo

As características físico-químicas das associações de solos, como composição granulométrica e mineralógica, bem como os atributos de uso e manejo, indicam sua maior ou menor propensão a eventos erosivos ou de movimentos de massa (Crepani et. al., 2008). Tais características relacionam-se diretamente com a composição do relevo, litoestrutura e clima que se constituem fatores da pedogênese (Ross, op. cit.). Para a análise da fragilidade dos solos é considerado seu grau de desenvolvimento que, por sua vez, resulta diretamente do balanço morfogênese/pedogênese. Onde predominam processos pedogenéticos, os solos são mais desenvolvidos, lixiviados e profundos, como é o caso dos solos localizados na maior parte das unidades de tabuleiros da área de estudo. Por outro lado, onde predominam processos morfogenéticos, são gerados solos menos desenvolvidos devido à interveniência constante dos eventos erosivos de remoção das camadas superficiais. Quanto às classes de fragilidade ou erodibilidade das associações de solos em relação à ação erosiva desencadeada pelo escoamento superficial concentrado ou difuso, Ross (op. cit.) sugere a seguinte classificação (tabela 5.3):

**Tabela 5.3: categorias hierárquicas de associações de solos**

<b>Fragilidade</b>	<b>Associações de solos</b>
1 - Muito baixa	Latossolo bruno; Latossolo Vermelho Escuro e Latossolo Vermelho-Amarelo de textura argilosa,
2 - Baixa	Latossolo amarelo; Latossolo Vermelho/Amarelo de textura médio-argilosa;
3 - Média	Latossolo Vermelho-Amarelo; Chernossolo; Argissolo Vermelho-Amarelo de textura médio-argilosa
4 - Alta	Argissolo Vermelho/Amarelo de textura médio-arenosa ; Cambissolos
5 - Muito Alta	Argissolo com cascalhos; Gleissolo; Neossolos Litólicos, Quartzarênicos e Flúvicos.

Fonte: adaptado de Ross (op. cit.)

Muitos são os trabalhos que procuram mensurar a perda de solos em associações pedo-climáticas distintas se utilizando de modelos disponibilizados em pesquisas do gênero, contudo, por se tratar de uma incógnita vinculada a múltiplos fatores como inclinação do terreno, uso da terra e características físico-químicas intrínsecas, acreditamos que tais modelos só podem ser adotados quando a área de solos pesquisada possui idêntica configuração.

Os dados de associações de solos que subsidiam o zoneamento de fragilidades proposto neste trabalho foram adaptados do mapa de reconhecimento de solos do RADAMBRASIL. O fator limitante deste mapeamento decorre o fato da escala máxima de precisão ser de 1:500.000. Assim, considerando que nossa proposição de mapeamento e da ordem de 1:100.000, procedemos, com base nas checagens de campo e análise das imagens fotogramétricas e orbitais, um refinamento dos limites das unidades de solos acrescentando novas informações, conforme podem ser conferidas no mapa a seguir (figura 5.3).



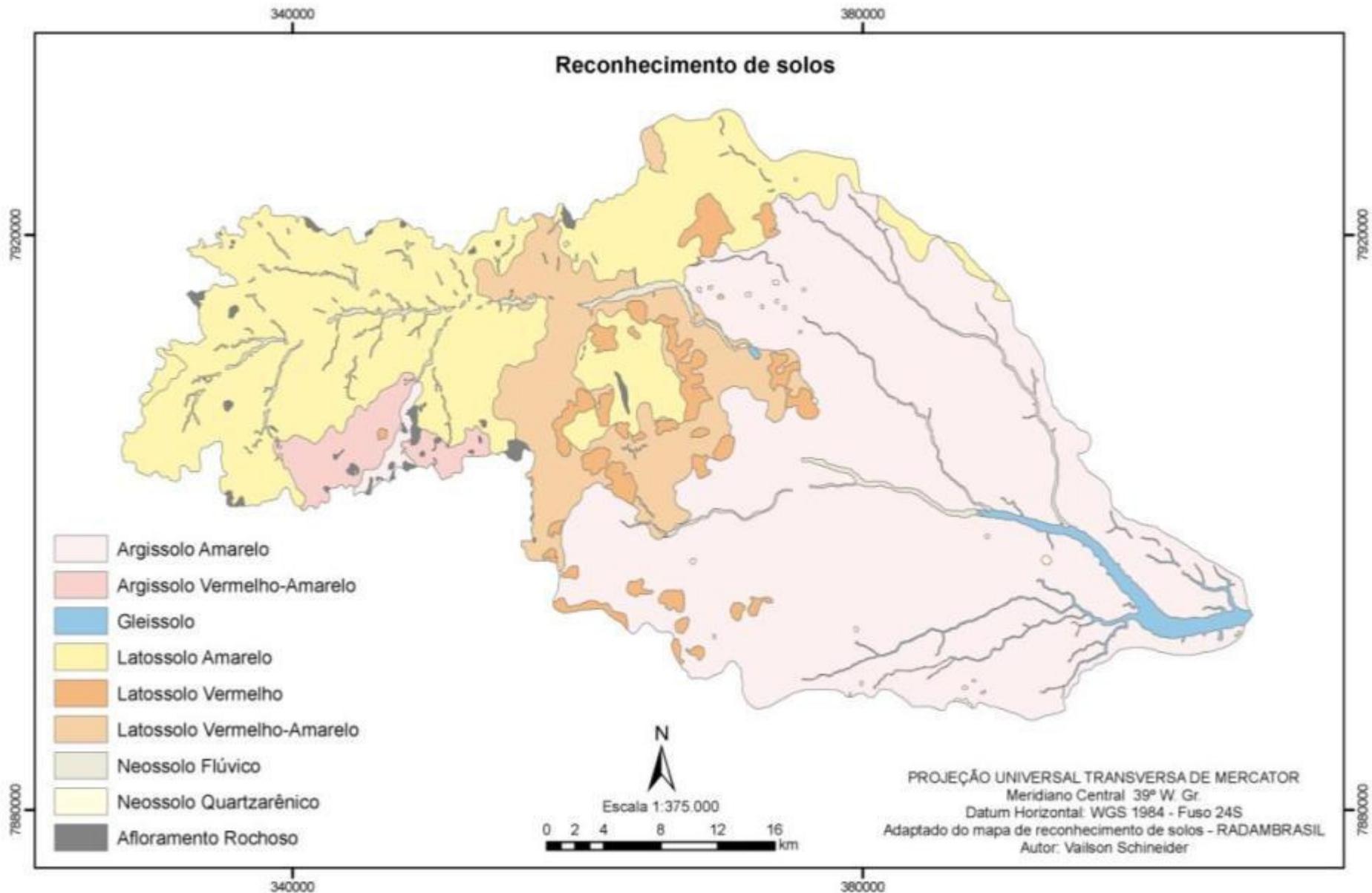


Figura 5.3: mapa de solos da bacia hidrográfica do Rio Barra Seca (fonte: adaptado do mapa de reconhecimento de solos do RADAMBRASIL)

### 5.2.3 Variável uso e ocupação da Terra

O tipo de uso e ocupação da terra e as respectivas práticas de manejo adotadas relacionam-se diretamente com o balanço dos processos morfogenéticos e/ou pedogenéticos atuantes. O escoamento superficial difuso e/ou semi-concentrado em áreas de cobertura vegetal rarefeita proporciona a remoção das camadas superficiais do solo e o conseqüente processo erosivo. Na sistematização proposta por Ross (op. cit.), o uso da terra divide-se em níveis hierárquicos de proteção dos solos, tendo as seguintes categorias (tabela 5.4):

**Tabela 5.4: categorias hierárquicas de proteção dos solos**

<b>Nível de proteção</b>	<b>Uso da terra</b>
1 - Muito baixa	Área desmatada ou queimada; solo exposto e culturas com práticas não conservacionistas;
2 - Baixa	Cultura de ciclo longo (café, citrus, etc.) e silvicultura em área declivosa;
3 - Média	Cultura de ciclo longo com práticas conservacionistas, pastagens e silvicultura em áreas planas;
4 - Alta	Capoeiras, macegas densas, floresta secundária, silvicultura e eveicultura com sub-bosque;
5 - Muito Alta	Floresta primária densa, reflorestamento com biodiversidade.

Fonte: adaptado de Ross (op. cit.)

O mapa de uso e ocupação da terra foi elaborado por meio de classificação supervisionada automática em ambiente computacional, utilizando como base uma composição falsa cor das bandas espectrais do sensor Liss3, do satélite ResourceSat, resolução espacial de 23m. A compartimentação dos temas seguiu

os recortes sugeridos no tabela anterior, estratificando as áreas em função da maior ou menor densidade e representatividade da cobertura vegetal ou uso agrícola.

### **5.3 Integração das informações em SIG**

Dentro da proposta original de Ross (1994), a etapa de integração das informações ambientais para a verificação da ecodinâmica da paisagem seria executada por meio da sobreposição dos respectivos mapas temáticos elaborados sobre papel vegetal. Assim o valor arbitrado para cada nível de fragilidade, dado em algarismos arábicos escritos sobre cada tema nas cartas-base de geomorfologia, solo e uso da terra, poderia ser inter-relacionado visualmente, gerando combinações numéricas que se referem ao grau de estabilidade ou instabilidade de cada setor mapeado.

O procedimento sugerido pelo referido autor é extremamente demorado e dificultoso, podendo culminar em erros grosseiros, pois depende da atenção integral do analista. Além disso, devido o fato de aplicar o traçado manual na confecção do mapeamento base e utilizar folhas individuais soltas para cada tema, pode desencadear erros cartográficos grosseiros. Nos métodos atuais de inter-relacionamento de mapas temáticos são usadas técnicas computacionais para o cruzamento dos dados cartografados. A metodologia selecionada para este trabalho provém da proposição de Crepani et. al. (2008) que, simplificadamente, corresponde à conversão dos mapas em grades numéricas digitais que, por sua vez, são somadas e divididas para obtenção de média simples também sob a

forma de mapa digital.

O mapa de fragilidade exposto na figura 5.3 é uma síntese da correlação entre geomorfologia, solos e os múltiplos usos da terra frente às estruturas antrópicas que influem diretamente na ecodinâmica local e conseqüentemente no índice de fragilidade a eventos erosivos. Foi elaborado com o auxílio da ferramenta “calculadora raster” disponibilizada no programa computacional ArcGis™. No procedimento de inter-relação dos mapas temáticos foi considerado o peso numérico na escala de 1 a 5, referente ao fatiamento dos níveis de fragilidades expostos nas tabelas 5.1, 5.2, 5.3 e 5.4, e calculou-se a média aritmética simples por meio da equação:

$$\frac{([\text{Clinometria}] + [\text{Índice de dissecação}] + [\text{Solos}] + [\text{Uso da terra}])}{4}$$

O mapa resultante não tem a pretensão de ser propositivo, mas de promover uma análise sintética dos níveis de fragilidade presentes nas principais unidades morfográficas da bacia. As informações resultantes foram organizadas em níveis hierárquicos que variam de “1”, para áreas de baixa fragilidade, até “5”, para áreas extremamente frágeis.

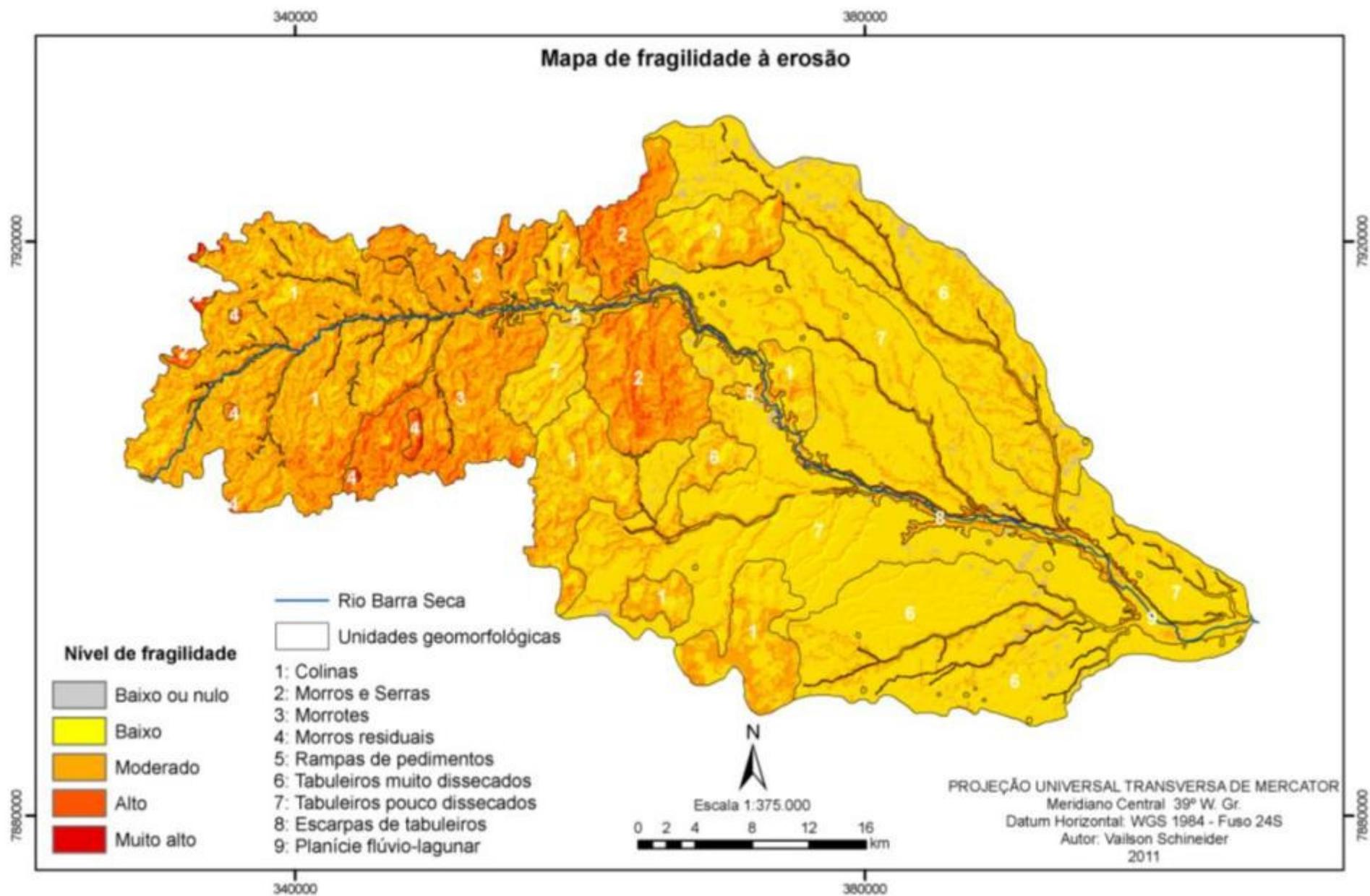


Figura 5.4: mapa de fragilidade da bacia do Rio Barra Seca.

#### **5.4 Níveis de fragilidade e contexto geomorfológico**

Os níveis de fragilidade estão diretamente relacionados aos aspectos do relevo naquilo que tange aos níveis de dissecação e gradiente clinométrico. Outros indicadores como solos e uso e ocupação da terra que, apesar de serem independentes em suas abordagens, estão intimamente ligados ao relevo e seus processos e podem também ser considerados elementos inerentes a geomorfologia. As cinco classes de fragilidade ambiental estabelecidas são suficientes para expor a configuração atual e potencial da bacia hidrográfica em questão, haja vista tratar-se de uma avaliação das dinâmicas ocorrentes vinculadas às atividades antrópicas, muito expressivas na área.

Valores elevados do gradiente clinométrico e do nível de dissecação do relevo potencializam os processos morfodinâmicos e, por conseqüência, interferem na fragilidade do terreno tornando-o mais susceptível aos processos erosivos. Em contrapartida, baixos índices de inclinação do terreno, acrescidos da proteção propiciada pela cobertura florestal são fatores que inibem ou restringem a erosão, conservando a idoneidade do solo. O zoneamento ambiental de fragilidade expõe assim o comportamento conjunto das variáveis físicas do terreno, refletindo suas respectivas limitações ou graus de proteção que podem variar de muito baixa a muito alta. O mapa de fragilidade foi dividido em 5 diferentes unidades em virtude da representação combinada dos fatores físicos. Cada unidade representa um sistema ambiental específico que mostra o panorama das relações de produção e seus reflexos nos recursos naturais.

#### 5.4.1 Sistema ambiental de baixa fragilidade

O nível baixo ou muito baixo de fragilidade está relacionado às áreas planas com clinometria inferior a 6%, predominante nas unidades de tabuleiros, colinas residuais e colinas tabulares. Abrange áreas de fragmentos florestais dispersos entre as propriedades, a totalidade das unidades de conservação de Sooretama e Vale, áreas de silvicultura de eucalipto e café. Os solos são do tipo Latossolo ou Argissolo. Cobre cerca de 61,55% do total da bacia sendo o nível mais expressivo.

Nos terrenos abrangidos por este nível de fragilidade, a erosão provocada pelo escoamento laminar difuso é de pouca competência para a remoção e o transporte sedimentar (Dantas e Medina, 2000). Isto se dá devido ao fraco gradiente clinométrico das áreas dos topos de tabuleiros ou pelo amortecimento das gotas de chuva propiciado pela cobertura florestal que evita o efeito *splash*<sup>8</sup> que quebra e remove as partículas dos solos (figura 5.5). Nestas áreas predomina a pedogênese, proporcionada pela prevalência da infiltração em relação ao escoamento superficial da água.

---

<sup>8</sup> Traduzindo para o português, o vocábulo está relacionado ao estágio inicial do processo erosivo que prepara as partículas que compõem os solos para serem transportadas pelo escoamento superficial. Essa preparação se dá tanto pela ruptura dos agregados, quebrando-os em tamanhos menores, como pela própria ação de transporte que o salpicamento provoca nas partículas dos solos. Além disso, os agregados vão preenchendo a superfície do solo, provocando sua selagem e uma conseqüente redução da porosidade, o que potencializa o escoamento superficial das águas. (Guerra in: Guerra et. al, 2010)



Figura 5.5: área de Tabuleiro florestado, ao fundo, com baixa propensão a processos erosivos. Localidade de Barra Seca, Município de Jaguaré (foto: Schineider, 2011).

#### **5.4.2 Sistema ambiental de média fragilidade**

As áreas de fragilidade moderada correspondem àquelas onde a inclinação predominante das vertentes situa entre 6 e 20%. Ocorre em áreas de pasto plano, cultivo anual e cultivo permanente de café. É o segundo nível mais expressivo da bacia, abrangendo aproximadamente 34,41% de sua área total. Predominam os Argissolos, Latossolos e pequenas porções de Neossolos Flúvicos e Gleissolos. Se estende por todas as unidades morfográficas da bacia, porém, destaca-se nas unidades de colinas, morros e serras e morrotes, onde ocupa respectivamente 73%, 65% e 69% das áreas.

Entre os fatores potencializadores da fragilidade estão a clinometria e as grandes extensões de pastagens trabalhadas com práticas não conservacionistas (figura 5.6). A fragilidade erosiva moderada está relacionada à instabilidade ecodinâmica desencadeada pelo processo de erosão laminar que remove parcialmente os horizontes superficiais dos solos e pelo ravinamento localizado provocado pelo

escoamento semiconcentrado. Associa-se também ao pisoteio do rebanho bovino formando terracetes que facilmente evoluem para sulcos erosivos nas vertentes mais íngremes.



Figura 5.6: área de fragilidade moderada em vertentes cultivadas com café ou pasto na localidade de Pedra Roxa, Município de Vila Valério (foto: Schineider, 2011).

#### **5.4.3 Sistema ambiental de alta fragilidade**

Compreende áreas de gradiente clinométrico superior a 20%, localizadas em vertentes íngremes das unidades de Tabuleiros, Escarpas, Morrotes, Morros e Serras e Morros isolados. São usadas predominantemente como pastagens e, em proporção menor, na cafeicultura. As práticas empregadas no manejo induzem graves problemas de perda e degradação dos solos, ocasionando reduções substanciais na capacidade produtiva das áreas. Abrange uma pequena área de 3,97% do total da bacia. Nas áreas com essa configuração, os processos morfodinâmicos decorrem principalmente do escoamento superficial pluvial concentrado ou semiconcentrado que repercute numa distribuição diferenciada da

energia dos fluxos, provocando a evolução de sulcos localizados e ravinas. O processo erosivo é ampliado pelo pisoteio intenso do gado formando terracetes e pela pequena quantidade de áreas cobertas por florestas, deixando os solos desprotegidos contra o efeito *splash* das chuvas (figura 5.7).



Figura 5.7: vertente íngreme com pasto degradado em área de fragilidade alta devido à ausência de prática conservacionista. Na parte plana ocorre plantio de cana em Neossolo Flúvico. Localidade de Córrego Cinco de Julho, Município de São Gabriel da Palha (foto: Schineider, 2011)

Ocorre em áreas de Argissolos Amarelos, Argissolos Vermelhos, Neossolos Litólicos e Flúvicos, sendo que nestes últimos a alta fragilidade está relacionada com a fragilidade intrínseca destes ambientes a intervenções humanas. O fato de serem imediatamente marginais aos córregos ou encontrarem-se permanentemente saturados por água em áreas brejosas, os Neossolos Flúvicos e os Gleissolos Hidromorfizados executam o papel de barreira natural que amortece o transporte sedimentar, evitando ou minimizando o assoreamento do canal principal.

#### 5.4.4 Sistema ambiental de fragilidade muito alta

Corresponde a áreas que juntas somam apenas 0,07% em relação à área total da bacia. Em geral possuem clinometria acentuada, acima de 30%, localizadas nas vertentes íngremes das unidades de Morros e Serras, Morrotes e Morros residuais, sobretudo nas cabeceiras de drenagem onde os solos são muito susceptíveis à erosão. Apresentam cicatrizes profundas de voçorocamento e movimentos de massa. Predominam os Argissolos Amarelos, Vermelhos-Amarelos e Neossolos Litólicos nos afloramentos rochosos. Os horizontes superficiais se caracterizam pela semi-exposição, concentrando ravinas, terracetes de pisoteio e cicatrizes de deslizamentos, sendo as mais antigas já ocupadas por pastagens (figura 5.8).



Figura 5.8: cicatriz de movimento de massa ocupada por pastagem, à esquerda, e terracetes de pisoteio em área de fragilidade muito alta na cabeceira do Córrego do Almeida, Município de São Gabriel da Palha (ortofotomosaico IEMA/Vale, 2008).

Os Argissolos Vermelhos-Amarelos de gradiente textural subsuperficial pouco permeável, quando atingidos por chuvas prolongadas, favorecem a saturação do

nível subsuperficial do perfil tornando-o vulnerável à ruptura por colapso coesivo da massa de solos, ocasionando escorregamentos (Dantas e Medina, 2000). Os terracetes de pisoteio existentes nas pastagens de clinometria elevada, sobretudo nas áreas de morros, são atingidos por microrravinações de evolução lenta provocando assim intensa instabilidade morfodinâmica, pois podem propiciar o desenvolvimento de sulcos maiores, voçorocas e potencializar o risco a escorregamentos.

Outras áreas críticas de alto nível de fragilidade não destacadas no mapa devido à escala, são áreas pontuais localizadas em margens de cortes de estradas e em pequenos campos agrícolas degradados por práticas equivocadas de manejo, atingidas por intensos processos de movimento de massa ou remoção erosiva das camadas superficiais dos solos e o soterramento dos córregos adjacentes, (figuras 5.9, 5.10 e 5.11).



Figura 5.9: voçorocamento em margem de estrada na localidade de Fazenda Clarindo, Município de Jaguaré (foto: Schineider, 2011).



Figura 5.10: vertente com solo exposto em área de pasto abandonado com evidente processo erosivo de ravinamento, localizada na cabeceira do Rio Barra Seca, Município de Nova Venécia (foto: Schineider, 2011).



Figura 5.11: Argissolo Vermelho com horizonte orgânico totalmente erodido em lavoura de café irrigada por pivô na cabeceira do córrego do Jacaré, Município de São Mateus (foto: Schineider, 2011).

## 5.5 Considerações

Buscamos neste capítulo exercitar uma proposição simplificada de zoneamento ambiental baseada na inter-relação de fatores primários e a respectiva representação conjunta destes na paisagem, considerando como objeto principal de análise a susceptibilidade dos solos a processos erosivos. A importância de mapear áreas propensas, ou não, à erosão reside no simples fato de ainda ser o solo o extrato fundamental para a manutenção humana. Solo erodido significa ambiente empobrecido do seu potencial produtivo, compromete o sustento daqueles que se encontram imediatamente instalados: flora, fauna e homem, tornando insubsistente sua permanência.

Verificamos que na bacia hidrográfica do Rio Barra Seca cerca de 95,96% do total da área possui susceptibilidade muito baixa a média a processos erosivos. O valor relativamente alto, de 34,41%, encontrado para o indicador de média fragilidade ocorre principalmente em função das extensas áreas ocupadas por pecuária extensiva. As atividades agropecuárias, sem controle sistemático e adoção de boas práticas de manejo, impactam negativamente o relevo, principalmente em encostas e cabeceiras de drenagem, produzindo reflexos imediatos na rede hidrográfica por meio de assoreamento expressivo dos córregos e soterramento das nascentes.

A fragilidade a processos de degradação origina-se primordialmente da substituição da mata original por pastos e repercute, por vezes, no impedimento da própria pastagem se desenvolver em função da instalação de processos

erosivos acelerados, configurando uma espécie de ciclo pernicioso. Esta forma de uso, mesmo quando balizada por métodos conservacionistas, induz uma fragilidade intrínseca ao ambiente, já que a pouca proteção propiciada pelas gramíneas não eximem os solos da ação direta dos agentes naturais (sol e chuva), limitam a umidade superficial e erodem os horizontes cultiváveis. Por outro lado, o pisoteio constante do rebanho bovino possui alta capacidade de degradar solos em encostas, desequilibrando as propriedades físicas superficiais e deixando o terreno mais susceptível à degradação.

A área coberta por floresta nativa ou regenerada é de cerca de 30,4%, um número relativamente alto quando comparado ao panorama geral predominante em todo norte do Estado, entretanto, este valor se deve principalmente à presença das duas grandes massas florestais das UCs de Sooretama e Vale que juntas concentram cerca de 62% do total de matas da bacia. Nas demais áreas predominam fragmentos florestais rarefeitos e isolados uns dos outros.

A ausência de vegetação ciliar, suprimida para instalação dos empreendimentos agrícolas, constitui-se outro sério problema na bacia. As margens dos córregos, intensamente cultivadas, deixam os canais expostos ao recebimento de cargas sedimentares e poluentes que colmatam o leito e contaminam as águas. A ausência de práticas conservacionistas no trato produtivo das culturas é um dos fatores responsáveis pelo balanço hídrico negativo<sup>9</sup> da bacia do Rio Barra Seca.

---

<sup>9</sup> Historicamente, o norte do estado do Espírito Santo é castigado por estiagens cíclicas, causadas essencialmente por fatores climáticos. Os efeitos nocivos destas secas são ampliados pela convergência de fatores secundários como escassez de cobertura florestal, a aplicação de sistemas de irrigação dispendiosos e o uso tradicional de práticas não conservacionistas com a utilização sistemática das faixas ciliares dos córregos. O

Os proprietários rurais precisam reservar água em barragens para suprir a demanda dos meses secos, entre maio e outubro.

As informações levantadas neste trabalho apontam que os prejuízos oriundos dos processos erosivos estão vinculados primeiramente à susceptibilidade natural a partir da configuração local dos fatores físicos locais, contudo, têm a influência decisiva do componente socioeconômico na origem e na causa dos fenômenos. A interferência humana é motora dos processos ecodinâmicos, predominantemente morfogênicos, condicionando uma condição de instabilidade potencial presente nas porções de fragilidade moderada a muito alta na bacia do Rio Barra Seca.

**CAPÍTULO 6**  
**Considerações finais**

## 6.1 Considerações finais

Iniciamos nossas considerações tomando a assertiva de Ross (2006) na qual destaca a ciência geográfica como sujeito fundamental para o planejamento ambiental das sociedades sob a perspectiva ecodesenvolvimentista. A geografia já detém um compêndio teórico-metodológico dotado de instrumental suficiente para racionalizar as interações complexas entre as demandas socioeconômicas e as potencialidades/fragilidades dos espaços naturais em seus múltiplos sistemas ambientais. Dentre todas as ciências, a geografia destaca-se pela sua tradicional capacidade de mirar o homem social sem perder o foco na natureza enquanto espaço de produção e sobrevivência. Este espaço de sobrevivência e perpetuação biológica, o sistema natural, é empiricamente estudado pela geomorfologia, o seguimento ecológico da geografia, sobre a qual nos detivemos durante todo este trabalho. Para Ross (1995), a geomorfologia, pelo seu papel integrador das ciências da terra, é uma disciplina que muito atende aos interesses da geografia e do planejamento territorial/ambiental.

Nossa proposta inicial foi de promover uma análise ambiental balizada no quadro geomorfológico da bacia do Rio Barra Seca, construído através de uma cartografia específica, adaptada de metodologias de mapeamento já consagradas no meio acadêmico da ciência geográfica brasileira. Constatamos, ao longo do trabalho, que o conhecimento geomorfológico possibilita relacionar a dinâmica natural dos diferentes sistemas de relevo com a dinâmica físico-química dos solos e as respectivas formas de uso e ocupação da terra que se desenvolvem na paisagem, possibilitando também identificar áreas com diferentes níveis de

fragilidade a processos erosivos e, por consequência, à degradação do potencial ecológico das unidades agroprodutivas.

As condições propiciadas pelos softwares de cartografia digital e SIG (Microstation™ e ArcGis™) deram celeridade na integração dos dados, na análise espacial das variáveis geográficas e plotagem dos resultados em mapas temáticos. Entretanto, ressaltamos que o trabalho digital no ambiente virtual dos processadores eletrônicos e discos rígidos é por si só vazio, necessita de interveniência conceitual e metodológica para gerar resultados coerentes. Portanto, em linhas gerais, a correlação sistemática das informações físicas no ambiente do SIG foi vantajosa do ponto de vista prático, gerando resultados rápidos; mas a condução teórico-metodológica da pesquisa se embasa em proposições construídas antes da massificação destes sistemas, já testadas e validadas no método geográfico.

A organização do mapeamento geomorfológico sob os níveis taxonômicos propostos por Ross (1996) permitiu a inserção das informações essenciais preconizadas por este tipo de cartografia (morfoestrutura, morfoescultura, unidades morfológicas e padrões morfométricos do relevo) no mapa final. Foram identificados onze compartimentos morfológicos, mapeados a partir de trabalho campo e da interpretação das bases cartográficas de hidrografia e modelo digital do terreno obtidos para a pesquisa. A identificação das unidades através de matiz de cores é um elemento facilitador da leitura do mapa, integrando didaticamente as informações de morfoestrutura e morfoescultura.

O zoneamento ambiental utilizando o parâmetro da análise empírica da fragilidade ambiental dos sistemas geomorfológicos, atribuindo pesos numéricos específicos às diferentes condicionantes físicas da paisagem frente à tendência a processos erosivos, mostrou ser um procedimento de extrema praticidade e eficiência para o reconhecimento das limitações das unidades ambientais. A identificação do nível de fragilidade pode contribuir diretamente nas ações de planejamento e na delimitação de políticas de ordenamento territorial. O fatiamento em cinco níveis de fragilidade empírica, variando de baixo a muito alto, permitiu vislumbrar no perímetro da bacia estudada as áreas de maior e menor propensão a processos erosivos, associadas às respectivas unidades morfológicas mapeadas. Os maiores níveis foram encontrados nas unidades de maior expressão topográfica; enquanto os menores situam-se em áreas planas. Nossa conclusão é de que a geomorfologia é o fator físico primordial a ser considerado no zoneamento de sítios ecológicos que envolvem atividades produtivas.

A obtenção das informações de uso e ocupação do solo a partir de classificação supervisionada automática da imagem de satélite do sensor Liss3 (ResourceSat 1 – INPE), cuja resolução espacial é da ordem de 23m, mostrou-se suficiente para mapeamentos de escala 1:100.000. A precisão do reconhecimento digital automático dos padrões de pixels na imagem referentes aos diferentes usos pelo método de “máxima verossimilhança” chegou a 82%, aceitável para escala proposta. A mesma conclusão se aplica às informações de padrões morfográficos, clinométricos e hipsométricos, obtidos do processamento digital do MDT lema/Vale, resolução espacial de 5m que, em virtude de retratar com grande fidelidade o panorama topográfico da bacia pesquisada, pode ser inclusive

utilizado em trabalhos de maior detalhamento em todo território espírito-santense. O modelo apresentou boa performance em áreas de relevo colinoso e outros de maior expressão topográfica, com pouca ou rarefeita cobertura florestal; mas em áreas planas de tabuleiros florestados, como a da Reserva Biológica de Sooretama, o topo das árvores foi interpretado erroneamente como superfície, imprimindo erros altimétricos de até 50m. Assim, para reduzir o erro neste quesito, eliminamos manualmente as curvas de nível supérfluas, reduzindo as incoerências altimétricas.

Outro fator limitante em relação à escala de zoneamento proposta é o mapeamento de solos. A base utilizada, conforme já exposto, foi adaptada do mapa exploratório do RADAMBRASIL, cuja escala final é de 1:1.000.000. O reconhecimento de solos do RADAMBRASIL utilizou como metodologia de mapeamento homogeneizar sob um mesmo padrão áreas onde o grupo de solos dominante corresponda ao maior percentual. Os delineamentos finais das unidades foram feitos na escala de 1:250.000, depois reduzidos para 1:1000.000 (RADAMBRASIL, 1987, p. 236). Mesmo com as adaptações inseridas na base de solos compilada, realizada a partir de refinamentos oriundos de vistorias de campo e da interpretação das imagens do ortofotomosaico lema/Vale, somos do parecer de que para proporcionar maior substância a esta variável fundamental é necessário um levantamento pedológico mais preciso e em maior escala de detalhamento que inclua inferências sobre as propriedades físico-químicas de cada unidade.

Por fim, concluímos que as metodologias eleitas para a condução da pesquisa

detêm a dupla vantagem de propiciar agilidade, por ser de fácil compreensão e aplicação; e eficiência, por apresentar resultados condizentes com a escala e, principalmente, com a realidade encontrada na área. Evidentemente, fatores limitantes como a ausência de mapeamentos mais detalhados de geologia e solos, reduzem significativamente o nível de precisão final do mapeamento síntese de fragilidades ou outros derivados, daí a necessidade de um volume maior de pesquisas que estejam empenhadas em cartografar os recursos físico-naturais do estado do Espírito Santo. A cartografia geomorfológica resultante deste trabalho é apenas mais uma contribuição.

## 6.2 Referências bibliográficas

AB'SABER, A. N. Zoneamento ecológico e econômico da Amazônia: Questões de escala e método. São Paulo: Estudos Avançados, vol. 3, nº 5, 1989.

\_\_\_\_\_. Um Conceito de Geomorfologia a Serviço das Pesquisas Sobre o Quaternário, - In: Geomorfologia, vol. 18 São Paulo, IGEOG-USP, 1969 pp. 1-23

\_\_\_\_\_. Os domínios de natureza no Brasil: potencialidades paisagísticas. São Paulo: Ateliê Editorial, 2003.

ALBINO, J. Processos de sedimentação atual e morfodinâmica das praias de Bicanga a Povoação, ES. Tese de doutorado apresentada ao programa de pós-graduação da Universidade de São Paulo. São Paulo, 1999.

ALMEIDA, F. G.; SOARES, L. A. A. (Org.). Ordenamento territorial: coletânea de textos com diferentes abordagens no contexto brasileiro. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2010.

AMADOR, E. S. Depósitos relacionados à formação inferior do Grupo Barreiras no estado do Espírito Santo. In: congresso Brasileiro de Geologia, 32, 1982, Salvador. Anais, Salvador: SBG, 1982. v. 4, pp. 1451-1460.

ARGENTO, M.S.F. Mapeamento Geomorfológico. In: GUERRA, A. J. T.; CUNHA, S. B. Geomorfologia uma atualização de bases e conceitos. Rio de Janeiro: Bertrand do Brasil, 1994.

ASTER GEDEM. Modelo digital do terreno. Disponível em: <<http://www.gdem.aster.ersdac.or.jp/search.jsp>>. Acesso em nov. de 2010.

BARBOSA, C. C. F. Álgebra de mapas e suas aplicações em sensoriamento remoto e geoprocessamento. Dissertação de mestrado apresentada ao Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais – INPE, São José dos Campos, 1997. Disponível em: <<http://www.dpi.inpe.br/teses/claudio/>>. Acesso em jun. de 2011

BECKER, B. K.; EGLER, C. A. G. Detalhamento da metodologia para execução do zoneamento ecológico-econômico pelos Estados da Amazônia Legal. Brasília: MMA, 1997.

BIGARELLA, J. J. Estrutura e origem das paisagens tropicais e subtropicais. 1.ed. Florianópolis: Ed. UFSC: 2003

BOTELHO, R. G. M. Planejamento ambiental em microbacia hidrográfica. In: GUERRA, A. T. et. al. Erosão e conservação dos solos: conceitos, temas e aplicações. 5 ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2010.

BRASIL. Decreto nº 4.297/02, que instituiu o Zoneamento Ecológico Econômico - ZEE. Brasília: DOU, 2002.

CASSETTI, V. Introdução a Geomorfologia. Fundação de Apoio a Pesquisa – FUNAPE/UFG, 2001. Disponível em: <<http://www.funape.org.br/geomorfol.php>>. Acesso em out. 2010.

CAUS, F. M. Proposta de análise empírica da instabilidade potencial do relevo em estudos integrados. Dissertação de mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Geografia, Centro de Ciências Humanas e Naturais, Universidade Federal do Espírito Santo. Vitória, 2010.

CHISTOFOLETTI, A. Modelagem de sistemas ambientais. São Paulo: Edgard Blucher, 1999.

COELHO, A. L. N. Alterações hidrogeomorfológicas no médio-baixo Rio Doce/ES. Tese de doutorado apresentada ao programa de pós-graduação da Universidade Federal Fluminense. Niterói, 2007.

COELHO, M. G. A.; LIMA, C. C. U. Análise tectônica preliminar do Grupo Barreiras no litoral norte do Estado de Sergipe. VI Simpósio Nacional de Geomorfologia. Anais: Goiânia, 2006. Disponível em <<http://www.labogef.iesa.ufg.br/links/sinageo/articles/303.pdf>>. Acesso em mar. 2011.

CORRÊA, M. M. et. al. Caracterização física, química, mineralógica e micromorfológica de horizontes coesos e fragipãs de solos vermelhos e amarelos do ambiente tabuleiros costeiros. Viçosa: Revista brasileira de Solos, nº 32, 2008. Disponível em <<http://www.scielo.br/pdf/rbcs/v32n1/28.pdf>>. Acesso em mar. 2011.

COLTRINARI, L. Geomorfologia e dinâmica quaternária no sudeste do Brasil. São Paulo: Revista do Departamento de Geografia – FFLCH – USP, nº 6, 1992 p. 9-16

DADALTO, G. G.; BARBOSA, C. A.; SARTORI, M.. Aptidão florestal das terras do Estado do Espírito Santo. Vitória: Secretaria de Estado do Desenvolvimento Econômico, 1992.

DADALTO, G. G.; BARBOSA, C. A.. Zoneamento agroecológico para a cultura do café no Estado do Espírito Santo. Vitória: Secretaria de Estado da Agricultura, 1997.

DANTAS, M. E.; MEDINA, A. I. M.. Geomorfologia da costa do descobrimento, sul da Bahia: município de Porto Seguro e Santa Cruz de Cabrália. Brasília: CPRM, 2000. Disponível em <[http://www.cprm.gov.br/publique/media/artigo\\_PortoSeguro.pdf](http://www.cprm.gov.br/publique/media/artigo_PortoSeguro.pdf)>. Acesso em abr. 2011

FEITOZA, L. R.; RESENDE, M.; STOCKING, M.. Natural resources information systems for rural development: approaches for Espírito Santo state, Brazil. Vitória:

Incaper, 2001.

FERREIRA, R. V. Mapeamento geomorfológico e de processos erosivos da bacia hidrográfica do Rio Botafogo – PE utilizando técnicas de geoprocessamento. Tese de doutorado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Geociências da Universidade Federal de Pernambuco, 2008. Disponível em <[http://www.cprm.gov.br/publique/media/dou\\_rogerio\\_ferreira.pdf](http://www.cprm.gov.br/publique/media/dou_rogerio_ferreira.pdf)>. Acesso em abr. 2011.

ESPÍRITO SANTO. Aerolevanteamento fotogramétrico do norte do Espírito Santo. Secretaria de Estado da Agricultura: Departamento de Aerofotogrametria, 1974.

EMBRAPA. Brasil em relevo. Modelo Digital de Elevação. Disponível em <<http://www.relevobr.cnpm.embrapa.br/.../index.htm>>. Acesso em out. 2010.

FLORENZANO, T. G. (Org.). Geomorfologia: conceitos e tecnologias atuais. São Paulo: Oficina de Textos, 2008.

FRANZLE, O. Cartografia geomorfológica. Campinas: Notícia Geomorfológica, v.10, nº 19, 1970. pp. 76-80

GIMENES, A. C. W. Estudo da Morfologia, Materiais e Processos em uma Estrutura de Relevo Cristalina: Mestre Álvaro, Município Serra, ES, Brasil. Dissertação de mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Geografia Física da Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas da USP. São Paulo, 2001.

GOULART, A. C. O. Relevo e Processos Dinâmicos: Uma Proposta Metodológica de Cartografia Geomorfológica. In: Geografares, Revista do Departamento de Geografia, CCHN – UFES, n.º 02, julho de 2001 pp. 25-40.

GUERRA, A. J. T.; CUNHA, S. B (Org.). Geomorfologia e meio ambiente. 8ª ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2010.

\_\_\_\_\_. Geomorfologia: uma atualização de bases e conceitos. 8ª Ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2008.

GUERRA, A. J. T.; MARÇAL, M. S.. Geomorfologia Ambiental. 3 ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2006.

GUERRA, A. J. T. O início do processo erosivo. In: Guerra, A. J. T. et. al (Org.). Erosão e conservação dos solos: conceitos, temas e aplicações. 5ª ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2010 pp. 17-55

IBGE. Cartas do Brasil. Folhas São Mateus, Nova Venécia, Rio Doce e Linhares, 1982.

INPE. Imagem de satélite ResourceSat 1 – Liss3, ano 2010. Disponível em: <<http://www.dgi.inpe.br/CDSR/>>. Acesso em jan. 2011.

INSTITUTO GEOLÓGICO, São Paulo. Diagnóstico do meio físico da média bacia do Rio Piracicaba para fins de gestão ambiental. Boletim 13. São Paulo: Instituto Geológico, 1996 pp. 7-11

JOLY, F. A cartografia. Tradução Fernanda Pellegrini. 10ª Ed. Campinas: Papirus Editora, 2007.

KOHLER, H. C. A escala na análise geomorfológica. Revista Brasileira de Geomorfologia, Volume 2, nº1, 2001 pp. 21-23. Disponível em <[http://www.ugb.org.br/home/artigos/SEPARATAS\\_RBG\\_Ano\\_2001/Revista2\\_Artigo02\\_2001.pdf](http://www.ugb.org.br/home/artigos/SEPARATAS_RBG_Ano_2001/Revista2_Artigo02_2001.pdf)>. Acesso em mar. 2011.

LEPSCH, I. F. Solos: formação e conservação. São Paulo: Edições Melhoramentos, 1977.

LIBAULT, A. C. O. Os Quatro Níveis da Pesquisa Geográfica. Métodos em Questão. São Paulo: Instituto de Geografia – USP, 1971.

LIMA, C. C. U.; et. al. Faciologia e análise tectônica preliminar da Formação Barreiras no litoral sul do Estado da Bahia, Brasil. Revista do Instituto de Geociência – USP, v. 6, nº 2, 2006 pp. 71-80. Disponível em <[http://www.revistasusp.sibi.usp.br/scielo.php?pid=S1519874X2006000300009&script=sci\\_arttext](http://www.revistasusp.sibi.usp.br/scielo.php?pid=S1519874X2006000300009&script=sci_arttext)>. Acesso em mai. 2011.

MARTIN, L.; SUGUIO, K.; FLEXOR, J. M.; ARCHANJO, J. D. Coastal Quaternary formations of the southern part of the State of Espírito Santo (Brazil). Anais da Academia Brasileira de Ciências, 68(3), 1996 pp. 389-404

MARTIN, L.; DOMINGUEZ, J. M. L.; BITTENCOURT, A. C. S. P. Origem das inversões no sentido de transporte litorâneo de sedimentos registradas na parte sul do litoral do Estado da Bahia no decorrer dos últimos milênios. In: Congresso da Associação Brasileira de Estudos do Quaternário – ABEQUA, Anais, 7, Porto Seguro, 1999a. Disponível em: <<http://www.abequa.org.br/publicacoes/quatcost.htm>>. Acesso em jun. 2011.

\_\_\_\_\_ et. al. Mapa geológico do quaternário costeiro do estado da Bahia. Coordenação de Produção Mineral, Governo do Estado da Bahia, 1980.

MENDONÇA, F. Geografia e meio ambiente. São Paulo: Contexto, 1998.

MORAES, R. M. O et. al. Estudo de depósitos da Formação Barreiras com base em reflexão por ondas de radar. São Paulo: Geologia USP, série científica, vol. 6, nº 2, 2006. disponível em: <[http://www.revistasusp.sibi.usp.br/scielo.php?pid=S1519874X2006000300005&script=sci\\_arttext](http://www.revistasusp.sibi.usp.br/scielo.php?pid=S1519874X2006000300005&script=sci_arttext)>. Acesso em mai. 2011

NASCIMENTO, F. R.; SAMPAIO, J. L. F. Geografia física, geossistemas e estudos integrados da paisagem. Sobral: Revista da Casa da Geografia de Sobral, V. 6/7,

n. 1, , 2004/2005 pp. 167-179. Disponível em < [dialnet.unirioja.es/servlet/fichero\\_articulo?codigo=2796436](http://dialnet.unirioja.es/servlet/fichero_articulo?codigo=2796436)>. Acesso em fev. 2011.

PAULA, F. S.; SALES, M. C. L. Zoneamento Ecológico-Econômico como instrumento de planejamento ambiental. João Pessoa: Anais II, Conepi, 2007.

RADAMBRASIL. Ministério das Minas e Energia. Secretaria Geral. Projeto RadamBrasil, folha Rio Doce, SE.24, volume 34; geologia, geomorfologia, pedologia, vegetação e uso potencial da terra. Rio de Janeiro: MME, 1987.

ROSS, J. L. S. Análise empírica da fragilidade dos ambientes naturais antropizados. São Paulo: Revista do Departamento de Geografia da – FFLCH – USP, n° 8, 1994.

\_\_\_\_\_. Sínteses e análises na abordagem geográfica da pesquisa para planejamento ambiental. São Paulo: Revista do Departamento de Geografia da – FFLCH – USP, n° 9, 1995.

\_\_\_\_\_. Ecogeografia do Brasil: subsídios para o planejamento ambiental. São Paulo: Oficina de Textos, 2006.

\_\_\_\_\_. Geomorfologia: Ambiente e Planejamento. São Paulo: Contexto, 1990.

\_\_\_\_\_. O Registro Cartográfico dos Fatos Geomórficos e a Questão da Taxonomia do Relevo. São Paulo: Revista do Departamento de Geografia – FFLCH – USP, 1992. pp.17-29.

\_\_\_\_\_. Geomorfologia aplicada aos Eias e Rimas. In: GUERRA, A.T.; CUNHA, S. B. (Org.). Geomorfologia e meio ambiente. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil: 1996.

\_\_\_\_\_. Caracterização empírica da fragilidade ambiental utilizando geoprocessamento. Goiânia: XII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, Anais, 2005. pp. 2203-2210. Disponível em < <http://marte.dpi.inpe.br/col/ltid.inpe.br/sbsr/2004/11.19.16.10/doc/2203.pdf>>. Acesso em jan. 2011

SAADI, A. Neotectônica dos tabuleiros litorâneas do sul do estado da Bahia. In: Congresso Brasileiro de Geologia, 40, anais, vol. 1. Belo Horizonte: SBG, 1998. Disponível em < <http://www.sbi.bio.br/boletins/BOLETIM94.pdf>>. Acesso em abr. 2011

SANTOS, A. R. ArcGis 9.1 total: aplicações para dados espaciais. Vitória: Fundagres, 2007.

SANTOS, R. F. Planejamento Ambiental: Teoria e Prática. São Paulo: Oficina de Textos, 2004.

SANTOS, M. Espaço e método. São Paulo: Nobel, 1997b.

SILVA, T. I.; RODRIGUES, S. C. Tutorial de cartografia geomorfológica: ArcGis 9.2 e Envi 4.0. Uberlândia: Instituto de Geografia da Universidade Federal de Uberlândia, 2009. Disponível em: <<http://www.rga.ggf.br/tutorialgeo.pdf>>. Acesso em abr. 2011.

SILVA, J. X.; Z Aidan, R. T (Org.). Geoprocessamento e análise ambiental: aplicações. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2009.

SOTCHAVA, V. B. Por uma teoria de classificação de geossistema de vida terrestre. São Paulo: USP – FFLCH, Departamento de Geografia, 1973a.

SOUZA, C. P.; SANTOS, R. L. Elaboração da carta de unidades geoambientais do município de Feira de Santana (BA). In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 10, anais, Seção Poster, Foz do Iguaçu, 2001 pp. 1017-1024. Disponível em <<http://www.dsr.inpe.br/sbsr2001/poster/021.pdf>>. Acesso em mai. 2011.

SUERTEGARAY, D. M. A. Natureza e sociedade: articulação necessária. In: MEDEIROS R. M. V.; SUERTEGARAY, D. M. A. e DAUDT, H. M. L. (Org.). EIA-Rima: Estudo de Impacto Ambiental. Porto Alegre: Metrópole, 1993.

SUGUIO, K. et. al. Flutuações do nível relativo do mar durante o quaternário superior ao longo do litoral brasileiro e suas implicações na sedimentação costeira. São Paulo: Revista brasileira de geociências, nº 15 (4), 1985.

SUGUIO, K.; BIGARELLA, J. J. Ambientes Fluviais. Florianópolis: Editora da UfSC, 1990.

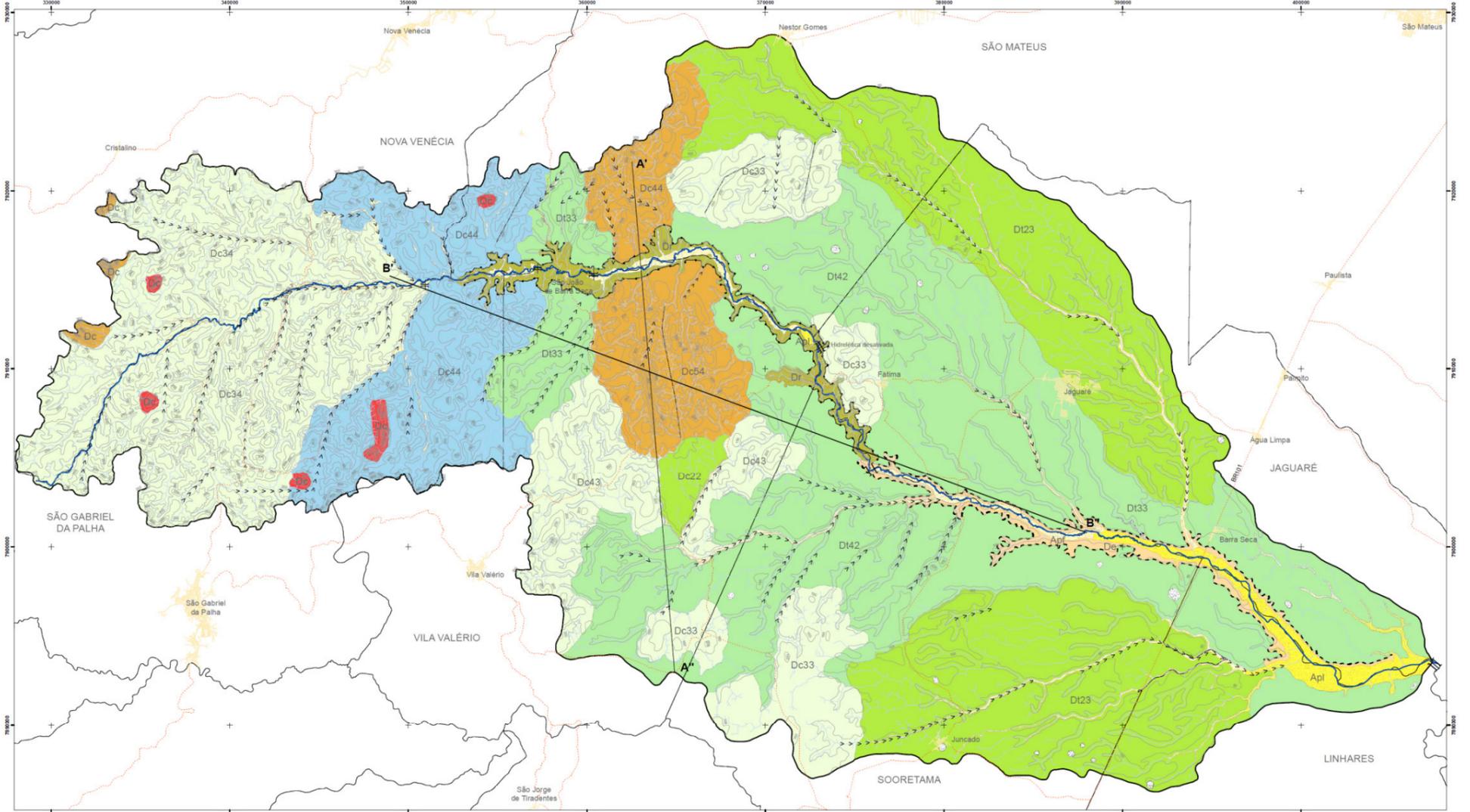
TRICART, J. Ecodinâmica. Rio de Janeiro: IBGE/SUPREN, 1977.

TUAN, Yi-Fu. Topofilia: um estudo da percepção, atitudes e valores do meio ambiente. São Paulo: Difel, 1980.

VALLE, C. C. Séries geomórficas costeiras do Estado do Espírito Santo e os habitats para o desenvolvimento dos manguezais: uma visão sistêmica. Tese de doutorado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Geografia Física da Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas da USP. São Paulo, 2004.

VERVLOET. R. J. H. M. Condicionantes morfológicas e estruturais na dinâmica fluvial da bacia hidrográfica do Rio Benevente – Espírito Santo. Dissertação de mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Geografia Física da Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas da USP. São Paulo, 2009, 478p.

MAPA GEOMORFOLÓGICO DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO BARRA SECA - ES

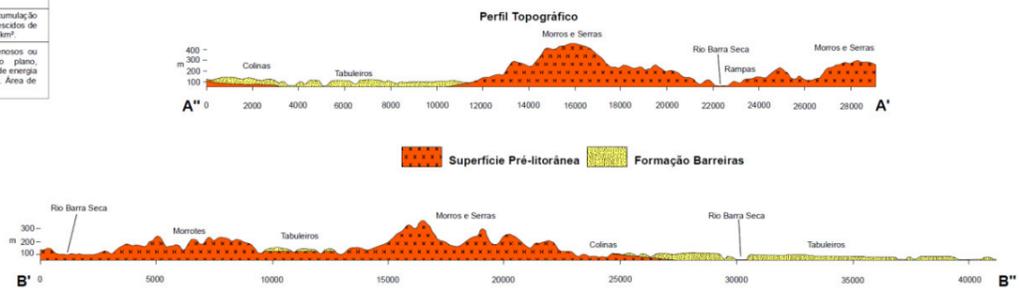
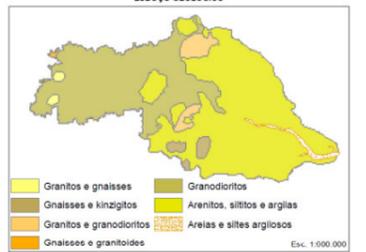
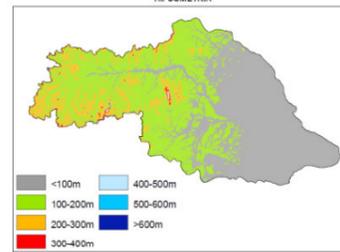


MORFOESTRUTURA	MORFOESCULTURA	UNIDADE MORFOLÓGICA
FAIXA DE DOBRAMENTOS REMOBILIZADOS	SUPERFÍCIES PRÉ-LITORÂNEAS	<p>Unidade de Colinas e Colinas Isoladas: morfotopia suave de vertentes pouco declivosas, gradiente cênometrico entre 0 e 20%, amplitude altimétrica máxima de 80m e altitude inferior a 200m. Topos convexos e vertentes retilizadas com concentrações de relevo na base. O padrão de relevo Dc34, para as Colinas, Dc33 e 43 para as Colinas Isoladas. Área total de 493,45km<sup>2</sup>.</p>
		<p>Unidade de Morros e Serras: composta por elevações proeminentes com ocorrência pontual. Empreendida por morros de encostas íngremes com cênometrica superior a 30%, topos convexos e vertentes irregulares com frequentes afloramentos rochosos. Amplitude altimétrica de 450m e a altitude máxima de 500m. Apresenta alta densidade de drenagem; o padrão de relevo é o Dc44 e Dc54. Área de 109,15km<sup>2</sup>.</p>
DEPÓSITOS SEDIMENTARES TERCIÁRIOS DA FORMAÇÃO BARREIRAS	TABULEIROS COSTEIROS	<p>Unidade de Morrotes: elevações de encostas pouco íngremes com gradientes entre 12 e 30%, topos convexos e vertentes irregulares, ocorrendo em áreas de afloramentos rochosos. Amplitude altimétrica local de 90 a 160m e altitude máxima de 380m. Padrão de relevo do tipo Dc. Área de 6,41km<sup>2</sup>.</p>
		<p>Unidade de Rampas de Pedimentos: constituem depósitos de sedimentos argilo-arenosos ou areno-argilosos em bordas de tabuleiros ou vertentes de Tabuleiros, Colinas e Morros ao longo do Rio Barra Seca. Cênometrica variando de 6 a 12%, amplitude local entre 50 e 90m e altitude máxima de 140m. Padrão de relevo do tipo Dr. Área de 28,6km<sup>2</sup>.</p>
		<p>Unidade de Tabuleiros Muito Dissecados: destacam-se pela baixa densidade de drenagem associada à baixa profundidade dos vales. As vertentes são retilizadas com cênometrica acima de 30% culminando em fundos de vales largos e planos. A amplitude altimétrica entre 30m e 40m e altitude inferior a 70m. Padrão de relevo do tipo Dc23 e Dc22. Área de 392,04km<sup>2</sup>.</p>
		<p>Unidade de Tabuleiros Pouco Dissecados: destacam-se pela baixa densidade de drenagem associada à baixa profundidade dos vales. Apresentam processo de alargamento por meio da esculturação vertentes. As vertentes são retilizadas com cênometrica de tipo inferior a 3% e fundos de vales largos e planos. A amplitude altimétrica entre 30m e 50m e altitude máxima de 90m. Padrão de relevo do tipo Dc33 e Dc42. Área de 558,13km<sup>2</sup>.</p>
DEPÓSITOS SEDIMENTARES QUATERNÁRIOS	PLANÍCIES FLUVIO-LAGUNARES	<p>Unidade de Escarpas: ocorrem ao longo das bordas de tabuleiros marginais pouco dissecados e Colinas Isoladas, resultam de atividades neotectônicas responsáveis pela formação de grabens e alinhamentos estruturais onde se instalou o canal principal do rio. O padrão de relevo é do tipo Dr. Área de 18,01km<sup>2</sup>.</p>
		<p>Depressões Pseudo-Carsticas: correspondem a compartimentos depressivos que chegam a um desnível negativo superior a 10m em relação ao nível local, e área de dezenas de hectares. Ocorrem em topos planos de tabuleiros e são formadas a partir de processos de aprofundamento geoquímico. Área de 2,26km<sup>2</sup>.</p>
		<p>Planícies Lagunares: resultam de processos recentes de acumulação formadas de depósitos argilosos ou argilo-silt-arenosos; acresção de matéria orgânica. Padrão de relevo do tipo Apl. Área de 24,53km<sup>2</sup>.</p>
		<p>Planícies Fluviais: são formadas a partir de depósitos arenosos ou argilo-silt-arenosos em vales encaixados de fundo plano, eventualmente inundados e em locais onde o rio não dispõe de energia para o transporte sedimentar. Padrão de relevo do tipo Apl. Área de 40,58km<sup>2</sup>.</p>

Formas denudacionais	Formas agradacionais
D - denudação	A - acumulação
De - formas de topos convexos	Apl - formas de planície fluvial
Di - formas de topos tabulares	Apl - formas de planície lacustre
De - formas de escarpas	
Dr - formas de rampas	

Entalhamento médio dos vales (classes)	Dimensão interfluvial média (classes)				
	1 - Muito baixa <3750m	2 - Baixa 1750 a 3750m	3 - Média 750 a 1750m	4 - Alta 250 a 750m	5 - Muito Alta >250m
1 - Muito fraco <20m	11	12	13	14	15
2 - Fraco 20 a 40m	21	22	23	24	25
3 - Médio 40 a 80m	31	32	33	34	35
4 - Forte 80 a 160m	41	42	43	44	45
5 - Muito forte >160m	51	52	53	54	55

CONVENÇÕES	FEIÇÕES LINEARES
— Curvas de nível	— Linha de talha
— Rio Barra Seca	— Knickpoint em zona de contato litológico
— Hidrografia	>>> Vales encaixados principais
— Área urbana	— Ruptura de rampas de pedimento
— Estradas	— Ruptura de escarpas
— Limite municipal	
— Limite da bacia hidrográfica	



PROJEÇÃO UNIVERSAL TRANSVERSA DE MERCATOR  
 Escala 1:100.000  
 Meridiano Central 30° W Gr.  
 Datum Horizontal: WGS 1984  
 Base planimétrica: SRTM/Enbrapa e IBGE  
 Base Cadastral: Geobases/ES  
 Base temática de geologia: RADAMBASIL  
 2011  
 Programa de Pós-Graduação em Geografia, Mestrado,  
 Universidade Federal do Espírito Santo. Mapa geomorfológico  
 integrante da dissertação: Mapeamento geomorfológico e  
 zoneamento ambiental na bacia hidrográfica do Rio Barra Seca -  
 Espírito Santo.  
 Autor: Valson Schneider  
 Orientador: Dr. Antônio Celso de Oliveira Goulart