



UNIVERSIDADE ESTADUAL DE MARINGÁ  
CENTRO DE CIÊNCIAS HUMANAS, LETRAS E ARTES  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOGRAFIA  
MESTRADO EM GEOGRAFIA

CÁSSIA MARIA BONIFÁCIO

**AVALIAÇÃO DA FRAGILIDADE AMBIENTAL EM BACIAS HIDROGRÁFICAS DO  
ALTO VALE DO RIO PIRAPÓ, NORTE DO PARANÁ: PROPOSTA  
METODOLÓGICA**

Maringá  
2013

CÁSSIA MARIA BONIFÁCIO

**AVALIAÇÃO DA FRAGILIDADE AMBIENTAL EM BACIAS HIDROGRÁFICAS DO  
ALTO VALE DO RIO PIRAPÓ, NORTE DO PARANÁ: PROPOSTA  
METODOLÓGICA**

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Geografia, área de concentração Análise Ambiental, do Centro de Ciências Humanas, Letras e Artes da Universidade Estadual de Maringá, como requisito para a obtenção do título de Mestre em Geografia.

Orientadora: Prof. Dra. Maria Teresa de Nóbrega

Maringá  
2013

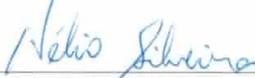
AVALIAÇÃO DA FRAGILIDADE AMBIENTAL EM BACIAS HIDROGRÁFICAS DO ALTO  
VALE DO RIO PIRAPÓ, NORTE DO PARANÁ: PROPOSTA METODOLÓGICA

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

Aprovada em **28 de março de 2013**.

BANCA EXAMINADORA

  
Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Maria Teresa de Nobrega  
Orientador - UEM  
Universidade Estadual de Maringá

  
Prof. Dr. Hélio Silveira  
Membro convidado  
Universidade Estadual de Maringá

  
Prof. Dr. Cristiano Poletto  
Membro convidado  
UTFPR/Toledo

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

B715a	<p>Bonifácio, Cássia Maria Avaliação da fragilidade ambiental em bacias hidrográficas do alto vale do rio Pirapô, Norte do Paraná : proposta metodológica / Cássia Maria Bonifácio. -- Maringá, 2013. 109 f. : il. color.</p> <p>Orientador: Prof.a Dr.a Maria Teresa de Nóbrega Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual de Maringá, Centro de Ciências Humanas, Letras e Artes, Programa de Pós-Graduação em Geografia, 2013.</p> <p>1. Unidades de paisagem. 2. Bacia hidrográfica - Uso e ocupação. 3. Vertentes. 4. Solos - Características morfopedológicas. 5. Fragilidade ambiental. I. Nóbrega, Maria Teresa de, orient. II. Universidade Estadual de Maringá. Centro de Ciências Humanas, Letras e Artes. Programa de Pós-Graduação em Geografia. III. Título.</p> <p>CDD 22.ed. 910.02</p>
-------	---

*“O mundo está mudado.  
Eu sinto isso na água.  
Eu sinto isso na terra.  
Eu farejo isso no ar.  
Muito do que já existiu se perdeu,  
pois não há mais ninguém vivo que se lembre”  
J. R. R. Tolkien*

...

*“Enquanto houver natureza e o homem sensível capaz de comover-se com sua organização e beleza, o contato direto, na observação de campo, será uma necessidade a despeito das mais refinadas tecnologias produtoras de imagens”  
Carlos Augusto Figueiredo Monteiro*

## ***AGRADECIMENTOS***

Aos meus pais, **Edegar** e **Débora**, pelo amor incondicional, dedicação e confiança que sempre me dedicaram. E especialmente ao meu pai, que mesmo não estando mais presente, foi a grande motivação para eu seguir em frente com a dissertação, pois ele nunca poupou esforços para que eu pudesse alcançar meus objetivos e sonhos.

À minha orientadora, Prof. Dra. **Maria Teresa de Nóbrega**, por ter acreditado em minha capacidade de estudo. Pela ajuda, amizade e todo o cuidado nesses anos de geografia, de quem sempre ouvi palavras de incentivo.

Ao Prof. Dr. **Hélio Silveira**, pela co-orientação nos anos de graduação, pela grande ajuda na realização desse mestrado, e pelo exemplo de caráter e simplicidade.

Em especial ao amigo **Marcel Fumiya**, agradeço por estar sempre presente e por nunca me deixar abalar perante as dificuldades que surgiram.

Aos amigos de longa data: **Sandra, Ana, Leandro, Nath, Laysa** e **Luiz Fernando**, que sempre ficaram na torcida e me deram apoio em mais uma etapa da vida.

Aos amigos que a geografia me trouxe: **Miriam, Emerson, Vini, Benjamim**, pela ajuda e troca de valores acadêmicos. Ao **Rafa**, pela companhia nas horas de estudo. E à querida **Tati Tamura**, pelas conversas 'geográficas' e passeios.

Às amigas **Rosane** e **Roselene**, que foram as primeiras a me encaminhar para a pesquisa científica, no laboratório de qualidade de água, e que me auxiliaram muito no meu crescimento acadêmico e pessoal. Muito obrigada Rosane, por todos os conselhos e incentivos, pela companhia e amizade.

À **Lucia Nóbrega**, pelas conversas animadas e pela ajuda na confecção dos perfis geoecológicos, que entre nossas pausas para uns episódios de Xena e desenhos, saíram lindos.

Ao **GEMA**, pelo espaço físico e ao **Vanderlei Grzegorzcyk** pelo auxílio nas análises laboratoriais. E ao **Paulo Miguel Terassi** pela ajuda com os dados climáticos.

A todos os professores do Departamento de Geografia pela minha formação acadêmica, e em especial aos Prof. Dr. **Nelson V. L. Gasparetto**, **Elpídio Serra**, **Marisa Emmer**, **Fernando Santil**. E à **Miriam**, secretária da Pós Graduação em Geografia.

A **CAPES** pelo auxílio financeiro.

## RESUMO

Esta pesquisa teve por objetivo o desenvolvimento e aplicação de uma metodologia para avaliação da fragilidade ambiental em bacias hidrográficas do curso superior do rio Pirapó: a bacia do ribeirão Alegre e a bacia do ribeirão do Sória, a primeira, representativa da margem esquerda, e a segunda da margem direita, no setor da bacia analisado. Com base em metodologias já existentes, procurou-se desenvolver uma forma de avaliação que possibilitasse a elaboração de cartas de fragilidade ambiental sintéticas, que refletisse o essencial da estrutura geoecológica da paisagem e que fosse, ao mesmo tempo, de fácil compreensão. A proposta metodológica partiu da análise integrada da paisagem, visando o levantamento da sua estrutura (geoecológica) e funcionamento e a identificação das diversas unidades de paisagem presentes no interior das bacias selecionadas, enquanto que a cartografia da fragilidade ambiental se apoiou na identificação e ponderação das características morfopedológicas ao longo das vertentes. Nessa proposta metodológica o elemento definidor da classe de fragilidade potencial foi o tipo de solo e a declividade passou a ser o elemento que hierarquiza o grau de fragilidade dentro de cada classe. As formas de uso da terra foram incorporadas, como tem sido habitual, como elementos de transformação e desencadeamento de novas dinâmicas, gerando a carta de fragilidade emergente. Os resultados evidenciaram que ocorrem diferenças significativas entre as bacias dos tributários da margem direita e aqueles da margem esquerda, no setor considerado. As observações e análise integrada dos elementos que compõem a paisagem ressaltaram as diferenças e particularidades entre as bacias analisadas. Em cada uma delas constatou-se uma compartimentação que permitiu a identificação de diferentes unidades de paisagem, caracterizadas por estruturas geoecológicas distintas e que se traduz, também, em diferentes potencialidades e vulnerabilidades. A metodologia proposta para a classificação da fragilidade, por sua vez, foi capaz de reproduzir as diferenças observadas na estrutura geoecológica e na dinâmica (processos) associada, recomendando-a como um instrumento a ser aplicado ao zoneamento ambiental.

**Palavras-chave:** unidades de paisagem, bacia hidrográfica, vertentes, características morfopedológicas, uso e ocupação, fragilidade ambiental.

## **ABSTRACT**

The aim of this research was the development and application of a methodology for the environmental fragility evaluation in upper Pirapó river watersheds basins: the basin of Alegre creek and the basin of the Sória creek, the first one is representative of the left bank, and the second one the right bank in the sector of the analyzed basin. Based on existing methodologies, we tried to develop a form of evaluation that would enable the development of synthetic charts of environmental fragility, which would reflect the essential geocological structure of the landscape and also at the same time easier to understand. The methodological approach came from the integrated analysis of the landscape aimed to survey its geocological structure, the operation and identification of the several landscapes units presented in the inner area of the selected basins, whilst the environmental fragility cartography relied in the identification and the morphopedological characteristics reflection along the slopes. In this methodological approach the defining element of the class of the potential fragility was the type of soil and the slope that became the element that ranks the degree of fragility within each class. The forms of land use have been incorporated, as has been customary, as elements of transformation and triggering new dynamics, generating the emergent fragility chart. The results showed that significant differences occur between the basins of the tributaries of the right bank and those of the left bank in the considered sector. The observations and the integrated analysis of the elements that compose the landscape highlighted the differences and peculiarities between the basins analyzed. In each one of them we found a compartmentalisation that allowed the identification of different landscape units, characterized by distinct geocological structure that translates also in different strengths and fragilities. The proposed methodology for the classification of fragility, in turn, was able to reproduce the observed differences in the geocological structure and the associated dynamics (processes), recommending it as a tool to be applied to environmental zoning.

**Keywords:** landscape units, watershed, slopes, morphopedological characteristics, use and occupancy, environmental fragility.

## LISTA DE FIGURAS

<i>Figura 2 – Localização da área de estudo.....</i>	<i>44</i>
<i>Figura 3 – Hipsometria de um setor do alto vale do rio Pirapó - PR.....</i>	<i>47</i>
<i>Figura 4 – Declividades de um setor do alto vale do rio Pirapó - PR. ....</i>	<i>51</i>
<i>Figura 5 – Substrato geológico de um setor do alto vale do rio Pirapó - PR.....</i>	<i>54</i>
<i>Figura 6 – Solos de um setor da alta bacia do rio Pirapó - PR.....</i>	<i>56</i>
<i>Figura 7 – Precipitação total do município de Astorga – PR, entre os anos de 1980 a 2010. ....</i>	<i>57</i>
<i>Figura 8 – Total de dias de chuva do município de Astorga – PR, entre os anos de 1980 a 2010.....</i>	<i>58</i>
<i>Figura 10 – Uso e ocupação da terra no alto vale do rio Pirapó - PR. ....</i>	<i>61</i>
<i>Figura 11 – Unidades de paisagem da bacia hidrográfica do ribeirão do Sória, com perfis transversais (PT) e perfil longitudinal (PL).....</i>	<i>63</i>
<i>Figura 12 – Perfil longitudinal da bacia do ribeirão do Sória. ....</i>	<i>64</i>
<i>Figura 13 – Subunidade Ia. Foto 1. Predomínio da pastagem sobre o Latossolo Vermelho de textura média; 2. Transição entre área urbana/rural, ao fundo município de Astorga – PR; c. Pasto e soja sobre o arenito.....</i>	<i>65</i>
<i>Figura 14 – Subunidade Ib. Foto 1. Sobre o basalto, ao fundo a cidade sobre a unidade Ia; 2. Vale mais entalhado; 3. Campo e área de preservação permanente em cabeceiras. ....</i>	<i>66</i>
<i>Figura 15 – Erosões provocadas por arruamento inacabado da área periurbana de Astorga – PR.....</i>	<i>67</i>
<i>Figura 16 – A subunidade Ib é mais baixa que a subunidade Ia ao fundo. ....</i>	<i>67</i>
<i>Figura 17 – Unidade II da bacia do ribeirão do Sória. ....</i>	<i>68</i>
<i>Figura 18 – Unidade II da bacia do ribeirão do Sória. ....</i>	<i>69</i>
<i>Figura 19 – Fotografia representativa da Unidade III. Aqui a paisagem apresenta uma fisionomia em mosaico. ....</i>	<i>70</i>
<i>Figura 20 – Fotos: a. ruptura marcada por afloramento de blocos de rocha, com sulcos e ravinas; b. terrassetes – movimentos em massa; c. processos erosivos generalizados; d. presença de ravinas por pisoteio animal; e. afloramento de solos rasos; f. detalhe de solos rasos.....</i>	<i>71</i>
<i>Figura 22 – Perfil longitudinal da bacia hidrográfica do ribeirão Alegre.....</i>	<i>73</i>

<i>Figura 23 – Unidade I da bacia hidrográfica do ribeirão Alegre. Foto: 3. rodovia de Mandaguari; 1. propriedade com cultura de uva; 2. cultura de café.....</i>	<i>74</i>
<i>Figura 24 – Unidade II da bacia hidrográfica do ribeirão Alegre. Fotos: 1. aspecto geral do vale visto a partir da margem direita, ao fundo, periferia urbana e áreas de cultivo (grãos e uva); 2. vista da subunidade IIb – área de maior dissecação e solos rasos, vertentes em patamares. ....</i>	<i>76</i>
<i>Figura 25 – Unidade III da bacia hidrográfica do ribeirão Alegre.....</i>	<i>79</i>
<i>Fotos: 1. Plantação de cana de açúcar sobre Neossolo Regolítico; 2. Nível topográfico embutido da margem direita; 3. Nível topográfico embutido mais desenvolvido e ampliado (sobretudo na margem direita) rampas mais longas a partir da média e média baixa vertente da margem esquerda. Área de solos rasos – cultura de cana de açúcar. Ao fundo, vertente da margem esquerda tendo na base rampas inclinadas ocupadas por pastagens e/ou culturas; 4. Ribeirão Alegre – leito sobre rocha, com corredeiras e ressaltos; 5. Aspecto do topo em direção à ruptura de declividade; 6. Próximo à confluência com o rio Pirapó; 7. A ruptura de declividade e o fundo do vale onde as rampas inclinadas são mais longas e de declividades mais baixas. ....</i>	<i>79</i>
<i>Figura 26 – Etapas da confecção dos mapas de fragilidade. ....</i>	<i>86</i>
<i>Figura 27 – Mapa de Fragilidade Potencial da bacia hidrográfica do ribeirão do Sória. ....</i>	<i>88</i>
<i>Figura 30 – Mapa de Fragilidade Emergente da bacia hidrográfica do ribeirão Alegre. ....</i>	<i>92</i>
<i>Figura 32 – Latossolo Vermelho (textura média).....</i>	<i>106</i>
<i>Figura 33 – Nitossolo Vermelho. ....</i>	<i>109</i>
<i>Figura 34 – Neossolo Litólico. ....</i>	<i>111</i>

## **LISTA DE QUADROS**

<i>Quadro 1 - Morfometria das bacias hidrográficas.....</i>	<i>48</i>
<i>Quadro 02 – Grau de fragilidade das classes de solos (Adaptado de ROSS, 1994). ....</i>	<i>82</i>
<i>Quadro 03 – Grau de fragilidade das classes de declividade.....</i>	<i>82</i>
<i>Quadro 04 – Classificação dos usos da terra.....</i>	<i>85</i>

## LISTA DE TABELA

Tabela 01 – Classificação da Fragilidade Potencial. .... 84

### SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO .....</b>	<b>14</b>
<b>2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA E METODOLÓGICA .....</b>	<b>17</b>
2.1. Planejamento ambiental .....	17
2.2. Zoneamento Geoecológico .....	22
2.3. Gestão de bacias hidrográficas .....	26
2.4. Fragilidade Ambiental – metodologias empregadas.....	30
<b>3. METODOLOGIA .....</b>	<b>33</b>
3.1. Análise morfométrica das bacias hidrográficas .....	37
3.2. Análise climática.....	40
3.3. As cartas temáticas .....	40
3.4. Os perfis geoecológicos .....	41
<b>4. LOCALIZAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO GERAL DA ÁREA DE ESTUDOS</b>	<b>42</b>
<b>5. RESULTADOS E DISCUSSÕES .....</b>	<b>46</b>
5.1. As bacias hidrográficas e a estrutura geoecológica da paisagem.....	46
5.1.1 Características morfométricas das bacias hidrográficas .....	46
5.1.2. O relevo.....	49
5.1.3. O substrato geológico.....	52
5.1.4. A cobertura pedológica.....	55
5.1.5. O clima e a vegetação original .....	57
5.1.6. O uso e ocupação da terra .....	60
5.2. As unidades de paisagem no interior das bacias hidrográficas.....	62
Bacia hidrográfica do ribeirão do Sória.....	59
Bacia hidrográfica do ribeirão Alegre.....	68

<b>6. MAPEAMENTO DA FRAGILIDADE AMBIENTAL NAS BACIAS HIDROGRÁFICAS .....</b>	<b>80</b>
6.1. Proposta metodológica preliminar para a determinação da fragilidade ambiental.....	80
6.2. As cartas de fragilidade ambiental e as unidades de paisagem .....	87
<b>7. CONSIDERAÇÕES FINAIS .....</b>	<b>95</b>
<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>97</b>
<b>ANEXO 1.....</b>	<b>104</b>
<b>ANEXO 2.....</b>	<b>106</b>

## 1. INTRODUÇÃO

A fragilidade do ambiente está associada ao potencial ecológico e a exploração antrópica. Todavia, no momento que esta exploração ultrapassa os limites do potencial ecológico, o sistema torna-se suscetível a novos processos, ou a intensificação daqueles já existentes, implicando em transformações na dinâmica da paisagem, afetando, em particular, a vegetação natural, os solos e os fluxos hídricos. Tais transformações vão influenciar no equilíbrio e qualidade natural do meio, levando a sua desestabilização e provável degradação, atingindo a qualidade de vida da população.

A área compreendida pela bacia hidrográfica do rio Pirapó, embutida na mesorregião Norte Central paranaense, tem sido objeto de transformações produzidas por diferentes formas de uso durante o seu processo de ocupação. Apesar de vestígios de povoamento antigo (sítios arqueológicos indígenas, ruínas jesuíticas) foi a colonização promovida em meados do século passado a responsável pelas modificações mais significativas. Após a fase de intenso desmatamento para a implantação de culturas, principalmente o café, seguiu-se o período de modernização da agricultura que implicou em mudanças na estrutura fundiária, além da introdução de novos produtos e práticas agrícolas. Por outro lado, a cada nova forma de produção do espaço geográfico, o meio físico, que desempenha o papel tanto de suporte como de recurso natural, sobretudo para as atividades agrárias, reage facilitando ou impondo condições e/ou restrições para determinadas formas de uso.

Essa história se desenrola sobre uma estrutura geocológica que também sofre modificações, sobretudo nos seus fluxos hídricos e nos seus padrões dinâmicos. Se a estrutura e dinâmica do meio físico não são conhecidas, limiares são rompidos e processos de degradação se instalam. As cartas de fragilidade ambiental fornecem, nesse contexto, subsídios para a gestão, avaliação e planejamento da ocupação e distribuição das atividades.

Com essa perspectiva, esta pesquisa se propôs a realizar um estudo em duas bacias hidrográficas representativas de tributários do rio Pirapó no seu alto vale, por meio de análise integrada da paisagem, visando o levantamento da sua estrutura (geoecológica e socioeconômica) e funcionamento na área das bacias selecionadas e, ainda propor e testar, em campo, uma metodologia de avaliação e mapeamento de fragilidade ambiental.

A avaliação da fragilidade ambiental levou em conta a necessidade de se gerar cartas sintéticas e de fácil compreensão. Assim, tendo por base as metodologias existentes, foi desenvolvida e testada uma nova proposta que se apoia na identificação e ponderação das características morfopedológicas ao longo das vertentes.

Este trabalho justifica-se pela importância econômica que a bacia hidrográfica do rio Pirapó representa para a mesorregião Norte Central do Paraná, e para os municípios que dela fazem parte e, ainda, pelo crescente uso e agravamento das condições dos solos e dos recursos hídricos, tanto em face da expansão das áreas urbanas quanto da intensificação do uso agrícola na área da bacia.

Com a recente criação do Comitê da Bacia do Pirapó, este estudo pode fornecer, juntamente com outros estudos que estão em andamento, os subsídios necessários para medidas de gestão adequadas às características e dinâmica dessa área.

Um aspecto que deve ser ressaltado é a variação em termos de substrato geológico, tipos de solos, formas de vertentes, que ocorrem na área da bacia do Pirapó e que se traduzem por potencialidades e fragilidades diferenciadas frente às formas de uso e ocupação. A variação geológica que contrapõe setores dominados por rochas ígneas vulcânicas, os basaltos da Formação Serra Geral, com setores onde ocorrem as rochas sedimentares, arenitos predominantemente, das Formações Caiuá, Santo Anastácio e Adamantina, implicam também, em contrapor, solos de textura argilosa e muito argilosa, com solos de textura média. São solos com aptidões distintas e graus de fragilidade opostos. As formas de uso e manejo dos solos sobre as vertentes, que em face das suas

potencialidades naturais, são também distintas: predomínio das culturas sazonais (soja, milho, trigo) sobre os solos oriundos dos basaltos, e pastagens, com substituição cada vez maior por cana de açúcar e outras culturas, nos solos sobre arenitos. Em determinadas subacias, a ocupação urbana é intensa, sobretudo nos setores de montante, provocando outros tipos de transformação e dinâmica para as vertentes e os corpos hídricos.

Esta pesquisa se encontra vinculada a um projeto institucional, multidisciplinar, financiado pela FINEP, intitulado “Rede de Monitoramento da Bacia do Rio Pirapó, Paranapanema 3 e 4 - Análise e Monitoramento do Comportamento Hidrológico”.

Dada à dimensão da bacia hidrográfica e da sua diversidade geoecológica, foram selecionadas duas bacias de tributários, no alto vale do rio Pirapó, como objeto para esta pesquisa: a bacia do ribeirão do Sória (margem direita), instalada em área dominada pelos arenitos da Formação Santo Anastácio e das rochas vulcânicas da Formação Serra Geral; e a bacia do ribeirão Alegre (margem esquerda), entalhada nas rochas vulcânicas da Formação Serra Geral. Ambas possuem à montante áreas urbanizadas, na primeira, o município de Astorga, e na segunda, Mandaguari e Marialva, localizados no Estado do Paraná. As bacias hidrográficas em estudo estão submetidas às mesmas condições climáticas, mas apresentam coberturas pedológicas distintas e tipos de usos também diversificados. São representativas para esse setor da bacia hidrográfica do rio Pirapó, e os resultados aqui obtidos podem ser extrapolados, para outras bacias semelhantes, localizadas no mesmo setor.

## **2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA E METODOLÓGICA**

Nesta pesquisa procura-se articular as categorias de bacia hidrográfica e unidades de paisagens e destacar o seu papel no zoneamento ambiental, base essencial para o planejamento e gestão do ambiente.

A gestão ambiental, segundo Lanna (1995), é precedida pelo planejamento ambiental, que se define como um processo organizado de obtenção de informações, reflexão sobre os problemas e potencialidades de uma região. Nesse processo, o zoneamento ambiental se constitui em um instrumento para o ordenamento, em áreas homogêneas, de zonas que possuem diferentes potenciais de uso ambiental. A avaliação da fragilidade ambiental e a sua cartografia, portanto, é uma etapa importante e essencial do zoneamento ambiental. Esses temas serão abordados a seguir.

### **2.1. Planejamento ambiental**

A problemática ambiental surgiu nas últimas décadas do século XX como uma crise de civilização, questionando a racionalidade econômica e tecnológica dominantes. Esta crise tem sido explicada por uma diversidade de perspectivas ideológicas, podendo ser percebida como resultado da pressão exercida pelo crescimento da população sobre os limitados recursos do planeta e, também, é interpretada como o efeito da acumulação de capital, que induz a padrões tecnológicos de uso e ritmos de exploração da natureza, de forma que os padrões de consumo vêm esgotando as reservas de recursos naturais, degradando a fertilidade dos solos e afetando as condições de regeneração dos ecossistemas naturais (LEFF, 2001).

Ainda neste aspecto, Leff (*op. cit.*) enfatiza que dentre as causas da problemática ambiental está o processo histórico do qual emerge a ciência moderna e a Revolução Industrial, este processo deu lugar distinção das ciências, assim como o fracionamento do conhecimento em campos disciplinares confinados. A análise da questão ambiental surgiu da

busca de reintegração dos conhecimentos dispersos em um campo unificado do saber, tendo como base uma visão sistêmica e um pensamento holístico com o fim de reconstituir a realidade “total”, propondo pensar as condições teóricas e estabelecer métodos que orientem as práticas da interdisciplinaridade.

Nos anos 1970 e início dos anos 1980, foi que a conservação e a preservação dos recursos naturais, como também o papel do homem integrado no meio, passaram a ter função muito importante na discussão da qualidade de vida da população. Nesse período, os conceitos sobre planejamento, influenciados pelos estudos de impacto, sofreram uma reformulação, na qual a questão ambiental foi amplamente contemplada. Surgiu então, nessa época, a tendência de elaborar planejamentos regionais integrados, que se baseavam na formalização do sistema de planejamento já existente, com elementos provenientes do meio natural ou antropizado analisados de forma interativa (SANTOS, 2004).

Ao longo da década de 1980, no Brasil, de acordo com Moraes (2005), a área ambiental apresentou uma boa ampliação de seu campo de atribuições e interesses. Partindo de uma visão essencialmente preservacionista para uma perspectiva mais ampla, cuja face ilustra o movimento de maturação teórica do próprio pensamento ambientalista vigente (onde a preocupação ecologista evolui para conceitos como qualidade de vida e desenvolvimento sustentável).

Desta forma, o planejamento adjetivado “ambiental” era visto como um caminho para um desenvolvimento social, cultural, ambiental e tecnológico adequados (SANTOS, *op. cit.*).

E Ross (2006), por sua vez, ressalta que em função de todos os problemas ambientais, resultantes das práticas econômicas predatórias, marcadas na história do país, acarretou implicações para a sociedade a médio e longo prazos, levando a degradação dos recursos naturais, com perda de qualidade ambiental e de vida, é que se tornou cada vez mais urgente o planejamento físico territorial, não baseando somente na perspectiva econômico-social, mas também ambiental.

A partir do momento em que a geografia despertou para os estudos ambientais, foram observados numerosos trabalhos que utilizam as diretrizes do planejamento físico-territorial para obter o diagnóstico da organização socioespacial (ZACHARIAS, 2010).

Numa abordagem etimológica, a palavra planejamento significa propor metas e, com base nessas concepções, o planejamento ambiental objetiva garantir o desenvolvimento sustentável, ou seja, prover ou promover as condições necessárias para o desenvolvimento efetivo da produção social, e todas as atividades da população, por meio do uso racional e da proteção dos recursos do meio ambiente. É apresentado muitas vezes como um instrumento que protegia a natureza e melhorava a qualidade de vida das comunidades (SANTOS, *op. cit.*).

Segundo Barth (1987, p.12): “o planejamento dos recursos visa à avaliação prospectiva das demandas e das disponibilidades desses recursos e sua alocação entre usos múltiplos, visando obter os máximos benefícios econômicos e sociais”.

Conforme Napoleão (2003), o planejamento é um processo contínuo que envolve coleta, organização e análise sistematizadas das informações, para chegar a decisões ou de melhores alternativas para o aproveitamento dos recursos disponíveis.

Para esse autor, o termo ambiental, é um adjetivo que vem se estabelecendo com pouca propriedade, pois ainda não existe uma definição precisa do termo planejamento ambiental. Nele, o ambiente é interpretado tanto ao que se refere às questões humanas, quanto físicas e bióticas.

De acordo com Lanna (1995), o planejamento ambiental baseia-se na interação dos sistemas que compõem o ambiente. Desse modo, tem como alicerce estabelecer as relações entre os sistemas ecológicos e os processos da sociedade, visando garantir, com base em princípios e diretrizes, previamente acordados e definidos, a adequação dos meios de exploração dos recursos ambientais - naturais, econômicos, sociais e culturais às especificidades do meio ambiente.

Já Santos (2004), define o planejamento ambiental como a interação e integração dos sistemas que compõem o ambiente. A fim de manter a máxima integridade possível dos seus elementos componentes.

Sendo assim, representa uma tentativa de minimizar conflitos advindos das relações da sociedade com a natureza, visando ordenar as atividades humanas no território, para que os impactos ambientais sejam os menores possíveis, e com isso, os benefícios sejam potencializados em longo prazo, por meio da implantação de mecanismos de gestão compatíveis a realidade local, ou seja, uma busca de uma relação mais harmônica do homem com seu meio (SILVA, 2009).

Segundo Zacharias (*op. cit.*), na década de 1980, a expressão planejamento ambiental foi entendida por muitos apenas como o planejamento de uma região, objetivando integrar informações, diagnosticar o ambiente, prever ações e normatizar o uso por meio de uma linha ética de desenvolvimento, partindo dos conceitos de sustentabilidade que exige uma abordagem holística de análise para posterior aplicação. Todavia, em diversos casos, apresenta-se planejamento ambiental como sinônimo de zoneamento ambiental, gerenciamento ambiental e também gestão ambiental. Contudo, os termos são distintos e a autora os difere:

- O gerenciamento, se refere às fases posteriores do ordenamento, e está ligado à aplicação, à administração, ao controle e monitoramento das alternativas propostas pelo planejamento, com o propósito de garantir o cumprimento de suas metas.
- A gestão, que deve ser a integração entre o planejamento, o gerenciamento e a política ambiental. Sendo a articulação prática do modelo de planejamento ambiental de acordo com a adequação de medidas e diretrizes de caráter administrativo, jurídico e econômico.
- O zoneamento ambiental é uma técnica, que se define em ordenar “zonas”, e objetiva hierarquizar e identificar as áreas homogêneas da paisagem para o delineamento das potencialidades e restrições de seu território. Por meio dos mapeamentos temáticos, é possível o desenvolvimento de simulação e construções de cenários de paisagem.

Esses cenários relevam o passado, mostra o presente e destacam seu futuro.

Com isso, o planejamento ambiental tem como alicerce as etapas de gerenciamento, da gestão e do zoneamento ambientais.

Ainda conforme o autor o planejamento e zoneamento ambientais são absolutamente indissociáveis. Uma vez que o zoneamento garante o ideário que o planejamento se propõe. Enquanto o planejamento está ligado à conservação dos elementos naturais e à qualidade de vida do homem, o zoneamento é utilizado como um instrumento legal para efetivar normas de uso e ocupação do território conforme suas características ambientais.

Associado ao planejamento, o zoneamento ambiental torna se um importante procedimento de ordenação territorial, pois por meio da elaboração de cenários, é possível conhecer as potencialidades e fragilidades da paisagem, apresentados sob as variadas formas de representação cartográficas, traduzidas a partir dos mapas, diagramas ou índices.

O planejamento ambiental deve ser baseado no manejo integrado dos recursos naturais, tecnológicos e culturais de uma sociedade, buscando pensar nas relações de interdependência entre os processos sociais e ecológicos que condicionam o potencial produtivo dos recursos de uma formação social, em seus níveis de produtividade além das condições de preservação e regeneração dos recursos naturais. Assim, o vínculo sociedade-natureza deve ser entendido como uma relação dinâmica (LEFF, *op. cit.*).

Este planejamento deve ser capaz de nortear as atividades econômicas e as ações de ordenamento territorial, tendo como base a articulação entre os diferentes agentes promotores e modificadores do meio ambiente (ROSS, *op. cit.*).

Em seus estudos, Moraes (*op. cit.*) discorre que um adequado planejamento ambiental está interligado com muitos interesses, podendo potencializar muitos conflitos, e que nem sempre o que é considerado ambientalmente correto segue junto com os anseios sociais, e por esse

motivo, existe a dificuldade de encontrar um ponto de equilíbrio entre a norma técnica e a justiça social. Sendo assim, diante dessa questão ambiental, o Estado manifesta uma situação paradoxal, se dividindo em duas partes: uma constitui os principais canais institucionais de defesa da qualidade do meio ambiente, enquanto que a outra constitui os principais agentes de degradação.

Diante desta questão, Santos (*op. cit.*) esclarece que o planejamento voltado à conservação ambiental é, muitas vezes, um ideal utópico do que um paradigma atual, ou seja, é mais uma palavra da moda do que um conceito aplicado.

Já Ross (2000, p. 82) lembra:

“É desejável que uma política de planejamento físico-territorial, quer seja do país, estado ou município, se processe de modo a compatibilizar os interesses imediatos e necessidades futuras do homem como ser humano individual e social (...) a preocupação do planejar deve ter em conta os interesses sociais, mas também os interesses ambientais, pois o homem, além de elemento social, é um ser animal e, como tal não sobrevive sem os componentes da natureza que o envolve, sustenta e lhe dá vida. Assim sendo, a questão ambiental é antes de mais nada uma questão social (...) Desse modo, tratar a questão ambiental, esquecendo-se do homem como ser social e agente modificador dos ambientes naturais ou, ao contrário, tratar o social, desmerecendo o ambiental é negar a própria essência do homem – sua inteligência”.

## **2.2. Zoneamento Geoecológico**

No Brasil, o uso do zoneamento está historicamente relacionado à regulação do uso de solo urbano e ao zoneamento agrícola ou agroecológico, objetivando o planejamento espacial de atividades produtivas (MILLIKAN, 1998).

Desde 1964, com a Lei nº 4.504 do Estatuto da Terra, cujo detalhamento ocorreu em 1975, a partir do Decreto 55.891, já se falava em zoneamento, todavia este era relacionado a duas formas de emprego: quanto à regulação normativa do uso do solo urbano, tendo como preocupação central a saúde, e a segunda, ao planejamento espacial da atividade produtiva, que visava identificar regiões homogêneas do ponto de vista socioeconômico como também das características da estrutura agrária, ou seja, era um zoneamento agrícola (LIMA, 2004). Todavia, a partir de 1980, surgiu um terceiro uso, chamado de zoneamento ambiental.

Sob essa perspectiva foi criada em 1981 a Política Nacional de Meio Ambiente (PNMA), pela Lei nº 6.938-81. Como resultado desse ato surgiu a criação do CONAMA (Conselho Nacional de Meio Ambiente), além da formulação de diretrizes de avaliação de impactos, planejamento e gerenciamento de zoneamentos ambientais, usando também o recorte de bacias hidrográficas como unidades de planejamento.

No ano de 1986 o IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística) propõe uma metodologia para o zoneamento ecológico-econômico e, sendo assim, o Conama edita a resolução nº 01, que regulamenta o Estudo de Impacto Ambiental e respectivo relatório (ATTANASIO, 2008).

Segundo o autor, foi no ano de 1988, no programa “Nossa Natureza” que o Governo brasileiro deu início ao zoneamento ecológico-econômico (ZEE). E no ano de 1990, foi criada a Comissão Coordenadora do Zoneamento Ecológico-Econômico do Território Nacional (CCZEE), dirigido pela coordenação executiva da Secretaria de Assuntos Estratégicos (SAE), tendo como área prioritária de atuação a Amazônia Legal.

Em 2002, através do decreto 4.297, de 10 de julho, o Governo Federal regulamenta o zoneamento ambiental da Política Nacional de Meio Ambiente com o nome de Zoneamento Ecológico-Econômico (ZEE), ratificando sua condição de instrumento de ordenamento territorial, estabelecendo medidas e padrões de qualidade ambiental (SANTOS, 2010).

No art. 2º o zoneamento econômico-ecológico é definido como instrumento de organização do território a ser obrigatoriamente seguido na implantação de planos, obras e atividades públicas e privadas, estabelece medidas e padrões de proteção ambiental destinados a assegurar a qualidade ambiental, dos recursos hídricos e do solo e a conservação da biodiversidade, garantindo o desenvolvimento sustentável e a melhoria das condições de vida da população.

E no parágrafo único, da mesma lei, este zoneamento objetiva a distribuição espacial das atividades econômicas levando em consideração a importância ecológica, as limitações e as fragilidades dos ecossistemas, estabelecendo vedações, restrições e alternativas de exploração do território e determinando, quando for o caso, inclusive a realocação de atividades incompatíveis com suas diretrizes gerais.

Segundo Souza (2000), o zoneamento permite a determinação das suscetibilidades do ambiente, com base em fatores ambientais específicos, relacionados aos meios físico, biológico e antrópico, conforme sua capacidade de suporte, que está associada à caracterização ambiental. Desse modo, deve ser visto como um plano de desenvolvimento regional, abrangendo políticas e programas existentes na área por ele abrangida, e não somente como parte exclusiva do setor ambiental da administração pública.

Enquanto que Shubart (2003) define o zoneamento como a avaliação estratégica dos recursos em um determinado território, a fim de prover o poder público e a sociedade com informações georreferenciadas para orientar o processo de gestão territorial.

Já Benatti (2003) pondera que o zoneamento pode ser considerado de diversas maneiras, como um instrumento para o ordenamento territorial, sob o aspecto do desenvolvimento regional, ou como a própria política de ordenamento territorial.

Para Machado (2004), o zoneamento consiste em dividir o território em parcelas, onde são autorizadas ou interditas determinadas atividades, de modo absoluto ou relativo.

Contudo, Milaré (2005) define o zoneamento ambiental como o resultado de estudos de conhecimento sistematizado das características, fragilidades e potencialidades do meio, a partir de aspectos ambientais em um espaço geográfico delimitado.

Enquanto que Lima (*op. cit.*) discorre que as definições de zoneamento adotadas no Brasil pela legislação vigente tem relação direta com o conceito aplicado nos Estados Unidos, chamado de *land use planning e zoning*, onde o primeiro termo se remete ao direito de propriedade, visando identificar às possibilidades de uso, a capacidade de suporte, as demandas sociais e os impactos ambientais e as dinâmicas atuais de uso do território, já o segundo é definido através da abordagem ampla de planejamento (sem imposição de usos). Portanto, são instrumentos complementares, embora regulamentados por legislação distinta.

O zoneamento ambiental constitui uma técnica caracterizada pelo ordenamento, em áreas homogêneas, de zonas que possuem um potencial de uso ambiental. Utiliza-se de diretrizes federais, para definir as restrições e/ou adequações de uso e ocupação do solo para uma atuação ambiental mais efetiva, por meio de uma análise integrada das unidades de paisagem (ZACHARIAS, *op. cit.*).

Sendo assim, o zoneamento não ordena somente os espaços com potencialidades de uso ambiental, mas também possui a função de compatibilizar o crescimento territorial, conforme a adequabilidade de usos de acordo com suas características ambientais.

Conforme os estudos de Zacharias (*op. cit.*) quando associado aos fundamentos metodológicos da representação gráfica, o zoneamento se torna um importante instrumento de estudo das unidades de paisagem, não somente através dos mapeamentos temáticos, mas também ao permitir uma abordagem dinâmica por meio da elaboração de cenários, que possibilitam o registro do presente, do passado e do futuro, no espaço diagnosticado, ante as potencialidades e restrições naturais.

O zoneamento ambiental vem se configurando como uma prática de ordenamento territorial para o estudo das diferentes unidades de

paisagem. Sobre este aspecto, com a elaboração de mapeamentos temáticos de síntese é possível compreender e integrar as variáveis físicas e socioeconômicas, e com isso projetar um possível comportamento do ambiente, segundo suas reais potencialidades e vulnerabilidades. Sendo assim, esse estudo é um instrumento eficaz na tomada de decisão entre planejadores.

Todavia, Silva e Santos (2004) colocam que os zoneamentos (sob as diversas adjetivações que possam receber: agrícola, agro-ecológico, urbano, industrial, ambiental, etc.) independente das diretrizes metodológicas chegam a um resultado comum, sendo este a definição de zonas, variando de acordo com o objetivo ou objeto.

### **2.3. Gestão de bacias hidrográficas**

A adoção da bacia hidrográfica como unidade de planejamento é de aceitação universal (SANTOS, *op. cit.*). O critério de bacia hidrográfica é comumente usado porque constitui um sistema natural, composto por um conjunto de terras drenadas por um rio principal e seus afluentes (GUERRA, 1993).

Em seus estudos, Christofolletti (1979) expressa que a bacia hidrográfica é onde as interações podem ser interpretadas, pelo *input* e *output* dos fluxos de matérias e energias.

Enquanto que Yoshizane (2005) descreve bacia hidrográfica ou de drenagem como uma área definida topograficamente, drenada por um curso de água ou por um sistema de cursos de água de forma que todos os canais afluentes sejam descarregados por uma única saída. É a superfície do terreno drenada por um rio principal, com seus afluentes e subafluentes.

Neste sentido, a bacia hidrográfica é tratada como unidade geográfica, onde os recursos naturais se integram. Sendo assim, é um limite nítido para a ordenação territorial. Além disso, é possível subdividir uma bacia hidrográfica em unidades menores, de acordo com as potencialidades e fragilidades, centradas nas características dessa área, de acordo com um critério estabelecido.

Já conforme Prochnow (1990), o uso da bacia como unidade de planejamento, permite uma abordagem sistêmica onde o tamanho da bacia escolhida pode ser ajustado às características físicas da diversidade de ocupação, dos problemas ambientais, dos aspectos socioeconômicos e institucionais.

Em seus estudos, Yassuda (1989) destaca que o modelo de gerenciamento de bacias hidrográficas baseadas em integração participativa depende do aperfeiçoamento de três procedimentos fundamentais: 1) planejamento estratégico e programação executiva; 2) tomada de decisão mediante discussão e deliberação multilateral e descentralizada (usuários da água e classes sociopolíticas); 3) cobrança direta dos usuários das águas das bacias hidrográficas. Sendo assim, implica no comprometimento direto da sociedade e das empresas.

No Brasil, a seleção da bacia hidrográfica como área de estudo para avaliação ambiental é prevalente na Resolução do Conselho Nacional de Meio Ambiente (CONAMA) nº 001/86, que no artigo 5º, item III, declara: “devem-se definir os limites da área geográfica a ser direta ou indiretamente afetada pelos impactos, denominada de área de influência do projeto, considerando, em todos os casos, a bacia hidrográfica na qual se localiza”.

Além disso, a Política Nacional de Recursos Hídricos, instituída pela Lei 9.433/97, em seu artigo 1º, item V, declara: “a bacia hidrográfica é a unidade territorial para a implementação da Política Nacional de Recursos Hídricos e atuação do Sistema Nacional de Recursos Hídricos”.

Em seus estudos, Christofolletti (1999) traz informações sobre a análise morfométrica de bacias hidrográficas, ressaltando que o estudo dos aspectos relacionados à drenagem, geologia e relevo, pode levar a compreensão de diversas questões associadas à dinâmica ambiental local.

Todavia, a utilização do recorte espacial representado pelas bacias hidrográficas como unidade básica para a prática da gestão ambiental possui certas peculiaridades no que diz respeito aos aspectos físicos e político-institucionais. Isso se aplica quando existem áreas de drenagem de sub-bacias dispostas exclusivamente dentro de limites estaduais (ou

mesmo municipais), enquanto outras extrapolam estes limites, configurando-se sub-bacias federais. Desse modo, este aspecto legal compromete a autonomia de órgãos estaduais que podem ter suas competências sobrepostas por regulamentações de instâncias federais.

Sendo assim, é necessário ir além e extrapolar seus limites. Em seus estudos, Lanna (*op. cit.*, p.63) destaca que:

"Nem sempre as dinâmicas socioespaciais dos limites municipais e estaduais respeitam os divisores da bacia e, conseqüentemente, a dimensão espacial de algumas relações causa-efeito, de caráter socioeconômico ou político, podem exceder esta unidade natural. E, se não houver a extrapolação, os dados serão mal interpretados. Principalmente no que tange à compreensão da dinâmica do meio".

A partir dessa questão é que surge a implantação dos comitês de bacia, que são uma entidade organizacional integrativa entre os municípios e os Estados que compõem a área física da bacia.

Outra situação destacada por Napoleão (*op. cit.*) diz respeito à dinâmica físico hídrica, devido a muitas vezes o recorte da bacia hidrográfica não corresponder aos limites das unidades litológicas que controlam a dinâmica das águas subterrâneas, se tornando assim um complicador para equacionamento dos problemas relativos à qualidade e quantidade das águas, pois existe uma indeterminação quanto à possibilidade de gerir problemas de uso do solo fora dos limites do recorte espacial.

Ao se considerar as bacias hidrográficas, como unidade de gestão e, analisando o uso do solo e as estratégias dos múltiplos agentes sociais, de acordo com Lanna (*op. cit.*), surge a dificuldade de lidar com a complexidade desses sistemas, pois não podem ser representados corretamente através de fluxogramas, devido à aleatoriedade de alterações e comportamento nas próprias estratégias ao longo do tempo, que podem modificar totalmente as condições pré-estabelecidas de planejamento.

Para Lacoste (2004), o geógrafo necessita compreender que diferenças espaciais implicam diferenças quantitativas e qualitativas dos fenômenos observados. A classificação das categorias de conjuntos espaciais, para esse autor, não ocorre em razão das escalas cartográficas de representação (concebidas), mas por causa de seus diferentes níveis de análise através dos diferentes recortes espaciais das escalas geográficas (percebidas).

Todavia, Castro (2003) aponta que a escala é, na realidade, à medida que confere visibilidade ao fenômeno. Contudo, para o estudo do planejamento ambiental, é necessário considerar que cada aspecto (elemento, componente, fenômeno) sobre a paisagem, corresponde a uma representação das informações por meio da mensuração escalar. Segundo Zacharias (*op. cit.*, p. 42), “o ponto fundamental a ser considerado é que não existe uma escala correta e única para diagnosticar as paisagens”.

Para Magalhães (2008), é necessário destacar que, quando se procura compreender as transformações do espaço produzido pelas atividades antrópicas e, particularmente nas unidades denominadas de bacias hidrográficas, são necessários estudos que se utilizem da análise sistêmica.

Botelho e Silva (2004) destacam que muitos estudos voltados à análise sistêmica na geografia, já utilizam a bacia hidrográfica como unidade espacial de referência.

A utilização do emprego da bacia hidrográfica serve de ponte de integração dos interesses da sociedade em termos de abastecimento, saneamento, habitação, lazer, proteção e preservação do ambiente (MAGALHÃES *op. cit.*).

Assim, fica cada vez mais evidente nos estudos geográficos a necessidade de análise das características do clima, da cobertura vegetal, da geologia, dos tipos de solos, da topografia, do uso atual do solo, da drenagem, para se chegar ao zoneamento mais adequado de usos de solo na bacia.

De acordo com Lanna (*op. cit.*), o gerenciamento de bacias hidrográficas é um processo de negociação social fundamentado em

conhecimentos científicos e tecnológicos, que objetivam a compatibilização das demandas e das oportunidades de desenvolvimento da sociedade, particularmente, é uma relação de negociação política, econômica, social e ambiental dos diversos setores regionais dos Comitês de Bacias.

A adoção da bacia hidrográfica como unidade de planejamento, gerenciamento ou de análise em temas que versem sobre recursos hídricos e problemas ambientais em geral é vantajosa, uma vez que permite circunscrever um setor do espaço geográfico caracterizado por condições físicas, biológicas e socioeconômicas interrelacionadas, que participam de uma dinâmica comum, comandada pelos fluxos hídricos que aí atuam e se organizam em rede. Propicia, portanto, uma abordagem que atende à necessidade de integração, fundamental para a compreensão das questões ambientais. Fornece, ainda, subsídios para a busca de alternativas de planejamento e manejo mais adequadas à realidade (geoecológica, econômica e social), visando uma gestão e desenvolvimento local e regional com sustentabilidade.

A bacia hidrográfica, entretanto, independente do tamanho, abriga no seu interior uma diversidade de paisagens – unidades de paisagem – diferenciadas entre si por suas estruturas geoecológicas e/ou socioeconômicas.

Para uma gestão adequada com sustentabilidade, considerando-se aqui as dimensões ecológica, econômica e social embutidas nesse conceito, o reconhecimento dessas diferenças na paisagem, e do papel que elas representam na qualidade e dinâmica dos recursos hídricos, se torna necessária para a tomada de decisões e planejamento das intervenções.

#### **2.4. Fragilidade Ambiental – metodologias empregadas**

A fragilidade dos ambientes naturais sobre influência das atividades humanas é maior ou menor de acordo com suas características genéticas (ROSS, 2006). Em princípio, com algumas exceções, os ambientes naturais estavam em estado de equilíbrio dinâmico até o

momento em que o homem passou a modifica-los com a exploração dos recursos naturais para gerar riquezas, conforto, prazer e lazer.

E, nesse panorama diversificado de ambientais naturais, o homem interfere criando novas situações ao criar e reordenar espaços físicos. E todas essas modificações inseridas por ele no ambiente natural, alteram o equilíbrio de uma natureza que não é estática, mas que geralmente apresenta uma evolução estável e contínua, quando não afetada pelo homem.

Assim, a preocupação da sociedade, como um todo, deveria ultrapassar os limites do desenvolvimento econômico e tecnológico, visando ao desenvolvimento que não leve somente em conta as potencialidades dos recursos naturais, mas também as fragilidades dos ambientes naturais perante as diferentes inserções da sociedade na natureza (ROSS, 2000).

Sendo assim, a fragilidade ambiental deve ser avaliada quando se pretende inseri-la no planejamento ambiental. Vários estudos de fragilidade e/ou vulnerabilidade ambiental se fundamentam na proposta de unidades ecodinâmicas de Tricart (1977) cuja concepção ecológica pressupõe que na natureza as trocas de energia e matéria se processam por meio das relações de equilíbrio dinâmico. Todavia, esse equilíbrio é alterado pelas intervenções antrópicas, gerando na natureza um estado de desequilíbrio temporal ou permanente.

Na obra *Ecodinâmica* (TRICART, *op. cit.*), o autor destaca que uma unidade ecodinâmica se caracteriza por certa dinâmica do meio ambiente que tem repercussões mais ou menos imperativas sobre as biocenoses. O conceito de unidades ecodinâmicas está integrado ao conceito de ecossistemas, que tem como base o instrumento lógico de sistema, e enfoca as relações mútuas entre os diversos componentes da dinâmica e os fluxos de energia e matéria no meio ambiente.

E Tricart (*op. cit.*) aplicando esses conceitos classifica os ambientes em estáveis, quando estão em equilíbrio dinâmico, e instáveis, quando em desequilíbrio, e intermediários (“intergrades”) quando as condições de equilíbrio e desequilíbrio se alternam frequentemente.

Com esse pressuposto e visando aplicações ao planejamento ambiental, Ross (1990; 1994) acrescenta novos critérios, e propõe a Análise Empírica da Fragilidade dos Ambientes Naturais, com a elaboração da carta de fragilidade potencial (considerando apenas os fatores naturais) e da carta de fragilidade emergente (considerando o efeito dos fatores antrópicos sobre os naturais).

Dessa forma, Ross (*op. cit.*) ainda destaca que a pesquisa sobre as fragilidades e potencialidades ambientais devem ser integradas com as relações sociedade/natureza.

Segundo o autor, para a análise da fragilidade é necessário que todos os componentes do estrato geográfico sejam avaliados de forma integrada, com base no princípio de que a natureza tem relações intrínsecas entre suas componentes físicas e bióticas.

Já Spörl (2001) afirma que através do mapeamento das fragilidades ambientais é possível identificar os ambientes em função de seus diferentes níveis, conforme seus graus, permitindo ações mais adequadas a essas condições.

Todavia, como ressalta Martinelli (2005), esse mapeamento não está em uma simples superposição ou em justaposição de mapas, mas fundidos em tipos (unidades taxonômicas). Sendo assim, constituem-se em conjuntos espaciais que são agrupamentos por integração de atributos ou variáveis, formando sistemas lógicos.

Corroborando, Ross (*op. cit.*) destaca que esses estudos têm sido utilizados na geografia física, frequentemente aliados à qualidade dos espaços físicos, classificado como fragilidade do meio físico.

Nessa metodologia de classificação da fragilidade, o risco ou a vulnerabilidade, Ross (1990; 1994) se fundamenta no princípio de que a paisagem apresenta funcionalidade intrínseca entre seus componentes físicos e bióticos. O autor propõe uma classificação do relevo para o planejamento ambiental a partir de uma compartimentação da paisagem de modo crescente em escala de detalhamento. Essa classificação busca hierarquizar o relevo em seis táxons conforme o grau de organização e detalhe. E para a sistematização desses procedimentos, exige inicialmente

estudos básicos do relevo, solo, geologia, clima, uso da terra e cobertura vegetal, para que, por fim, tais informações sejam analisadas de forma integrada, gerando um produto síntese que expresse os diferentes graus de fragilidade do ambiente: muito fraca (1), fraca (2), média (3), forte (4) e muito forte (5). Esta fragilidade é dividida em Fragilidade Ambiental Potencial e Fragilidade Ambiental Emergente. A primeira considera a fragilidade natural do ambiente, tomando como elementos significantes o grau de dissecação do relevo ou a declividade da área, dependendo da escala adotada, e o tipo de solo. Já a segunda considera estes elementos naturais, juntamente com o elemento humano, a partir da forma como este utiliza o ambiente, resultando em um determinado grau de proteção da superfície.

Enquanto que Crepani *et. al.* (2000), por sua vez, destacam a importância da variável solo, pois estes são indicadores básicos da posição ocupada pela unidade dentro da escala da Ecodinâmica.

### **3. METODOLOGIA**

A metodologia adotada para o desenvolvimento deste trabalho foi inspirada nos estudos de paisagem desenvolvidos por Richard (1989), Bolós (1992), Monteiro (2001). A ênfase desses estudos é dada ao reconhecimento da estrutura “geoecológica”, ou seja, ao levantamento dos elementos bióticos e abióticos e as suas interações (conteúdo natural do sistema); e da estrutura socioeconômica (dados antrópicos), com o propósito de avaliar o seu papel sobre a paisagem tanto em termos morfológicos quanto dinâmicos. Neste trabalho, o levantamento da estrutura geoecológica será priorizado em relação à estrutura socioeconômica. Com relação a esta última, serão destacados apenas os dados referentes às formas de ocupação aplicadas nas bacias objeto de estudo.

A análise foi realizada em três fases (Figura 1). Na primeira procedeu-se à caracterização morfométrica das bacias hidrográficas com o intuito de evidenciar as diferenças existentes entre elas e, extrapolando-se,

entre as margens direita e esquerda do rio Pirapó, no seu alto vale. A caracterização morfométrica das bacias foi realizada segundo critérios apresentados por Strahler (*op. cit.*) e Christofolletti (1974). Em paralelo, procedeu-se ao reconhecimento dos elementos que compõem a estrutura geoecológica e à sua análise com o objetivo de definir as diferentes unidades de paisagem (do ponto de vista geoecológico) existentes no interior das bacias selecionadas. Esse reconhecimento foi realizado a partir de observações em imagens de satélite, cartas topográfica, geológica, de solos já existentes para a área de estudo, associado a levantamentos de informações em campo (geologia, solos e uso da terra) e de dados climáticos (posto pluviométrico).

Nessa fase, com os dados dos documentos cartográficos pesquisados e aqueles obtidos em campo foi produzida uma série de cartas temáticas (hipsométrica, clinográfica, geológica, pedológica e de uso das terras), adotando como recorte espacial uma quadrícula onde estão inseridas as duas bacias hidrográficas estudadas. Nessa quadrícula é possível, também, observar a passagem do alto vale para o médio vale do Pirapó, e as mudanças nas suas características geológicas, morfológicas e pedológicas, principalmente.

Como as características climáticas observadas expressam condições de alcance regional, não possibilitando, portanto, na escala adotada, a observação de diferenciações locais, apenas as cartas temáticas (hipsométrica, clinográfica, geológica pedológica e de uso das terras) serviram de base para a análise integrada que possibilitou a elaboração da compartimentação das bacias em unidades de paisagem. As unidades de paisagem foram definidas em função da homogeneidade gerada, principalmente, pelas características morfopedológicas (formas de vertentes e sequência de solos) e de uso e ocupação, tendo em vista a elaboração da proposta metodológica para determinação da fragilidade ambiental, objetivo desta pesquisa.

O desenvolvimento da segunda fase envolveu levantamentos de campo detalhados ao longo das vertentes, principalmente para o reconhecimento dos sistemas de solos que aí ocorrem. Nesse

levantamento foram empregadas sondagens a trado, observações e descrições de perfis de solos em cortes de estradas.

A descrição morfológica dos solos e a coleta de amostras (em cortes) obedeceram à terminologia e critérios propostos no Manual de Descrição e Coleta de Solo no Campo (LEMOS; SANTOS, 1996). As amostras de solos coletadas serviram para a caracterização física dessa cobertura, com a determinação dos seguintes parâmetros: granulometria, teor de argila natural e grau de flocculação. Para essas determinações foram empregadas às metodologias e técnicas preconizadas pela EMBRAPA (1997).

Em paralelo ao levantamento das características da cobertura pedológica, foram investigadas e registradas, também, as formas e processos erosivos e de impacto ambiental existentes na área. Os pontos onde ocorrem foram localizados com uso de GPS e registrados com câmera fotográfica digital.

Desse modo, os dados levantados nas fases anteriores subsidiaram a elaboração da proposta metodológica para a avaliação e mapeamento da fragilidade ambiental (terceira fase), focando os atributos morfopedológicos. A metodologia para a elaboração desse mapeamento foi inspirada naquelas propostas por Ross (1994 e 1996) e por Crepani (1996 e 2001).



Figura 1 – Fluxograma metodológico.

### 3.1. Análise morfométrica das bacias hidrográficas

Inicialmente, procedeu-se à classificação dos ribeirões do Sória e Alegre, segundo o ordenamento de canais proposto por Strahler (1964), com o objetivo de situar esses dois tributários no conjunto da bacia do Pirapó.

A análise morfométrica foi realizada com auxílio do *software Global Mapper 11*, com base nos índices e medidas tradicionalmente aplicados para a caracterização de bacias hidrográficas: densidade da drenagem (Dd), índice de circularidade (Ic) e/ou índice de forma (Kf), ambos empregados para determinar a forma das bacias, a declividade média, índice de rugosidade, índice de sinuosidade e variação hipsométrica das bacias hidrográficas analisadas.

A Densidade de drenagem (Dd) correlaciona a extensão total dos cursos d'água com a área total da bacia hidrográfica. Este parâmetro indica a eficiência da drenagem da bacia, ou seja, representa o comportamento hidrológico definido pela litologia e estrutura geológica, revelando a capacidade de infiltração e de formação de canais superficiais (CHRISTOFOLETTI, *op. cit.*), e é determinado pela Equação 1:

$$Dd = L_t / A \quad (1)$$

Onde:

Dd = Densidade da drenagem.

$L_t$  = Comprimento total dos canais em Km.

A = Área da bacia hidrográfica considerada em Km<sup>2</sup>.

Tanto o índice de circularidade (Ic) como o fator de forma (Kf) são empregados para avaliação da forma da bacia hidrográfica e utilizam como referência uma forma geométrica, o círculo. Esses índices mostram a relação existente entre a área da bacia e a de um círculo de igual perímetro (CHRISTOFOLETTI, 1980). A forma da bacia influencia no tempo que a água, em diferentes pontos, leva para chegar até a saída (foz). Tem consequências na rapidez do escoamento das águas pelos canais fluviais.

O resultado é adimensional e varia de 0 a 1. Assim, quanto maior o índice, mais próximo do círculo será a forma da bacia e, ao contrário, quanto menor, ela será mais alongada e estreita. As formas mais circulares produzem concentração mais rápida e maior no canal principal, podendo produzir enchentes súbitas, enquanto que nas mais alongadas o escoamento é mais bem distribuído ao longo do tempo no canal, reduzindo para o mesmo tipo de evento pluviométrico, o risco de enchente (MACHADO; TORRES, 2012).

Para a determinação do Índice de Circularidade ( $I_c$ ), proposto por Miller em 1953 (citado por CHRISTOFOLETTI, *op. cit.*), aplicou-se a Equação 2:

$$I_c = A/A_c \quad (2)$$

Onde:

$I_c$  = Índice de circularidade.

$A$  = Área da bacia.

$A_c$  = Área de um círculo de perímetro igual ao da bacia.

O fator de forma ( $K_f$ ) da bacia hidrográfica, proposto por Horton (1932), é também, como o  $I_c$ , um índice de avaliação da geometria da bacia e da sua influência sobre o comportamento hidrológico da bacia. O cálculo desse índice foi realizado, conforme Equação 3:

$$K_f = A/L^2 \quad (3)$$

Onde:

$K_f$  = Fator de forma.

$A$  = Área da bacia.

$L^2$  = Comprimento do eixo da bacia (da foz ao ponto extremo mais longínquo no espigão).

A declividade média ( $D_m$ ) expressa a energia e a intensidade de atuação dos processos morfogenéticos na bacia hidrográfica, incluindo a dinâmica dos escoamentos superficiais concentrados e difusos nas vertentes. Este parâmetro pode ser obtido conforme a Equação 4:

$$D_m = D_{\text{máx}} / D_{\text{mín}} \quad (4)$$

Onde:

$D_m$  = Declividade média.

$D_{\text{máx}}$  = Maior declividade.

$D_{\text{mín}}$  = Menor declividade.

O índice de rugosidade ( $I_r$ ) é um parâmetro que resulta da combinação da declividade média ( $D_m$ ) e do comprimento da vertente por meio do contrabalanço da amplitude altimétrica ( $H$ ) com a densidade de drenagem ( $D_d$ ). Nesse índice é possível relacionar a disponibilidade do escoamento hídrico superficial com seu potencial erosivo, levando em consideração que bacias hidrográficas com o índice de rugosidade elevado são bacias de alta energia ou são bacias com alta transmissividade hidráulica, convertendo o fluxo de vertente em fluxo fluvial em menor tempo. Este parâmetro pode ser obtido por meio da aplicação da Equação 5:

$$I_r = H / D_d \quad (5)$$

Onde:

$I_r$  = Índice de rugosidade.

$H$  = amplitude altimétrica.

$D_d$  = Densidade de drenagem.

Apesar dos dois ribeirões principais não apresentarem meandros ao longo dos seus canais, para ressaltar as diferenças de traçados entre eles foi determinado o índice de sinuosidade. Este índice objetiva avaliar o desvio do percurso do canal com relação ao seu comprimento vetorial. É obtido aplicando-se a Equação 6:

$$SIN = L / L_v \quad (6)$$

Onde:

$SIN$  = Sinuosidade do curso d'água.

L = Comprimento do curso d'água principal.

L+= Comprimento vetorial do canal (talvegue).

### **3.2. Análise climática**

Para a caracterização do clima na área, sobretudo com relação à pluviosidade, recorreu-se aos registros do posto pluviométrico do município de Astorga – PR, pertencente ao Instituto das Águas do Paraná. A análise foi realizada com base nos dados de uma série histórica de 30 anos (1980 a 2010), aplicando-se, para essa caracterização climática, a metodologia de Monteiro (1976).

### **3.3. As cartas temáticas**

A base cartográfica foi elaborada com auxílio de uma ferramenta geográfica, ou seja, o SIG, como o *Global Mapper® 11* e o *Envi® 4.5*, e para a finalização das cartas o software *Adobe Photoshop®*. Sendo utilizados como base os dados SRTM (Suttle Radar Topographic Mission), disponibilizados gratuitamente pela NASA (Nacional Aeronautics and Space Administration). A área da bacia hidrográfica foi delimitada pelas linhas divisoras d'água que demarcam seu contorno, onde são os pontos mais elevados da região em torno da rede de drenagem.

Todas as cartas temáticas (localização, hipsometria, geologia, pedologia, declividade e uso do solo) foram geradas pelo *software Envi® 4.5* e editadas, posteriormente, no *software Adobe Photoshop® 5.5*.

A carta de uso da terra foi elaborada a partir da imagem do satélite Landsat 5, disponível pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) através do site: [www.inpe.br](http://www.inpe.br). A cena pertence a Órbita/Ponto 222/076 obtida em 04/11/2011.

A metodologia para a elaboração da carta de uso do solo consistiu no pré-processamento de imagens para eliminar distorções geométricas que podem ser causadas pela rotação da Terra, deslocamento devido ao relevo, variação da velocidade do satélite dentre outros fatores. Para

realizar estas correções realizou-se o registro de imagens, que corresponde ao ajuste do sistema de coordenada de uma imagem em relação à outra, aplicando uma imagem *Landsat* ortorretificada adquirida pelo (*Global Land Cover Facility*) disponível pelo site <[www.landcover.org/index.shtml](http://www.landcover.org/index.shtml)>.

A partir disso, utilizou-se o método de polinômios de primeiro grau e interpolação por vizinho mais próximo com RMS (*Root Mean Square*) inferior a 0,5 pixels, de acordo com Daí e Khorram (1998), na projeção *Universal Transverse Mercator* (UTM) e *Datum* WGS 84 utilizando-se o software *ENVI® 4.5* (RSI, 2008). Em seguida, foi recortada a área de estudo e coletadas amostras representativas de cada classe para a classificação. As classes definidas foram: floresta (Floresta Estacional Semidecidual), culturas (cultura temporária e permanente), pastagem, solo exposto e cidades. Posteriormente, foi aplicado o método de classificação automática SVM na imagem, utilizando todas as bandas *Landsat* 5, exceto a banda 6. Por fim, para melhor representação do produto gerado, foram atribuídas cores a cada classe.

As cartas temáticas foram utilizadas para a análise integrada dos elementos da paisagem, o reconhecimento da estrutura geocológica, a compartimentação em unidades homogêneas e a elaboração de perfis geocológicos.

As cartas de declividades e de solos serviram de base para a elaboração da carta de fragilidade ambiental, segundo a metodologia proposta que será apresentada e discutida no item 7.

Após essas etapas, os resultados foram comparados aos encontrados em campo, e para a finalização das cartas de uso do solo e fragilidade ambiental, foram ajustados os limites no software *Adobe Photoshop® 5.5*.

### **3.4. Os perfis geocológicos**

O perfil geocológico é uma forma de representação da estrutura geocológica da paisagem nas dimensões horizontal e vertical. É uma

ferramenta que auxilia na caracterização, análise e diagnóstico sobre determinada paisagem.

A partir dos perfis geocológicos é possível representar cartograficamente as seções de determinado espaço geográfico, por meio de um perfil topográfico, e fazer correlações e inserir os elementos de interesse.

Para a confecção dos perfis geocológicos foi elaborado um roteiro de informações que foram objeto de controle em campo. A partir da averiguação, todos os dados foram reunidos e então construídos os perfis topográficos e geocológicos.

A construção dos perfis topográficos foi realizada pelo *software Global Mapper® 11*, e as informações geocológicas foram adicionadas com o auxílio do *software Adobe Photoshop® 5.5*. A base para a determinação dos fatores estruturais foram os seguintes mapeamentos: carta topográfica (1:50.000), geologia (1:50.000), solos (1:50.000), além da carta de uso da terra, descrita anteriormente.

#### **4. LOCALIZAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO GERAL DA ÁREA DE ESTUDOS**

A bacia hidrográfica do rio Pirapó, está localizada na região Norte-Central do Paraná, abrangendo o território de 30 municípios. Localiza-se entre as latitudes 22°32'30"S e 23°36'18"S e longitudes 51°22'42"W e 52°12'30"W, possui uma área de aproximadamente 5.076,00 km<sup>2</sup> e percorre aproximadamente 250 km (PAREDES, 1980).

Está integralmente instalada sobre o Terceiro Planalto Paranaense, suas nascentes estão localizadas no município de Apucarana, a uma altitude de cerca de 800 metros, e sua foz encontra-se no rio Paranapanema, aos 240 metros de altitude. O seu maior afluente, na margem direita, é o rio Bandeirantes do Norte, com 149 km de extensão, juntando-se ao Pirapó entre as divisas dos municípios de Paranaity, Lobato e Colorado. Outros principais afluentes da margem direita são: ribeirão Lajeado, ribeirão da Ilha, ribeirão Pau d'alho, ribeirão Valência e rio

Ipiratininga. Os principais afluentes da margem esquerda são: ribeirão dos Dourados, ribeirão Sarandi, ribeirão Jacupiranga, ribeirão Caxangá e ribeirão do Vagalume (MARTINEZ, 2005), além do ribeirão Maringá, que drena parte da área urbana da cidade de Maringá.

A colonização efetiva dessa área se processou nas décadas de 1940 e 1950, na maior parte sob os auspícios da Companhia de Terras Norte do Paraná, que se transformou no decorrer do processo em Companhia Melhoramentos Norte do Paraná. Em decorrência do modelo adotado para a colonização, foi implantada sobre os divisores de águas uma série de cidades com diferentes papéis na rede urbana criada.

Na atualidade, a bacia hidrográfica do rio Pirapó abriga parcialmente extensões de duas áreas metropolitanas: a área metropolitana de Maringá e a área metropolitana de Londrina. Assim, apesar de não ser a mais extensa do território paranaense, ela está inserida em uma região economicamente dinâmica e que tem sido palco de grandes transformações em um tempo relativamente curto.

A bacia hidrográfica do rio Pirapó não se apresenta diferenciada apenas no seu aspecto socioeconômico, nela também ocorrem variações significativas dos elementos do meio físico: geologia, clima, relevo e solos.

As bacias hidrográficas do ribeirão do Sória e do ribeirão Alegre, área de estudo, localizam-se entre os municípios de Astorga, Mandaguari e Marialva, que integram a mesorregião Norte Central do Estado do Paraná, e no setor correspondente à alta bacia do rio Pirapó (Figura 2), caracterizado por um maior grau de dissecação do relevo e por uma rede de drenagem mais densa.

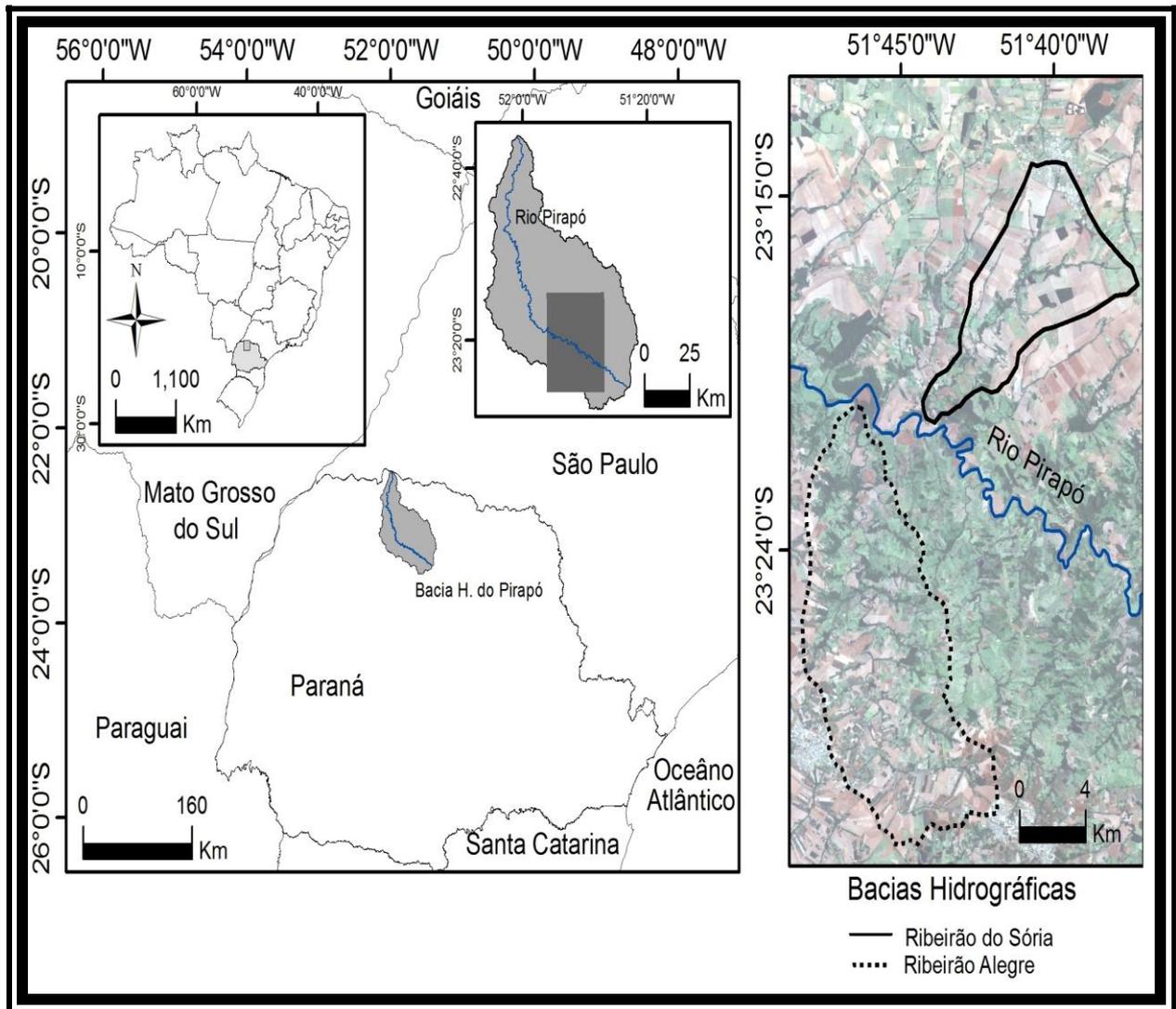


Figura 2 – Localização da área de estudo.

O município de Astorga, onde está localizada a bacia hidrográfica do ribeirão do Sória, tem uma área de 446,626km<sup>2</sup> e está totalmente dentro da bacia do rio Pirapó. Enquanto que os municípios de Marialva e Mandaguari, onde está à bacia hidrográfica do ribeirão Alegre, possuem uma área de 578,599km<sup>2</sup> e 337,461km<sup>2</sup>, e ocupam uma área dentro da bacia do rio Pirapó de 140,7km<sup>2</sup> e 243,72km<sup>2</sup> respectivamente, e o restante de suas áreas pertencem à bacia hidrográfica do rio Ivaí.

Quanto às condições climáticas, a área da bacia do rio Pirapó está submetida ao clima subtropical úmido mesotérmico, com verões quentes, sem estação seca definida e geadas pouco frequentes (MAACK, 1968).

Localizada integralmente no Terceiro Planalto Paranaense, o substrato geológico da bacia do rio Pirapó é constituído pelo basalto originado pelos derrames de lava da Formação Serra Geral, parcialmente recobertos pelos arenitos das Formações Caiuá, Santo Anastácio e Adamantina.

Desta forma, o relevo da bacia hidrográfica do rio Pirapó, apresenta formas resultantes de entalhes sofridos ao longo do tempo, apresentando na maior parte da área, relevos dissecados (MARTINEZ, *op. cit.*). Na alta bacia estão presentes as formas mais enérgicas, associadas à área onde predominam as efusivas básicas, aí as colinas podem variar de médias a amplas, apresentando perfis convexos retilíneos.

A bacia hidrográfica do rio Pirapó está localizada na região originalmente ocupada pela Floresta Estacional Semidecidual. Esta vegetação é caracterizada, no norte do Estado do Paraná, por uma floresta exuberante (RODERJAN, 2002), na área de ocorrência do basalto, com grandes espécies vegetais, e assume menor porte e, também, relativa redução da diversidade em função das características limitantes do solo e menor índice pluviométrico sobre os arenitos do noroeste paranaense (BIGARELLA; MAZUCHOWSKI, 1985). Todavia, segundo esses autores, a vegetação foi severamente devastada, para dar lugar a culturas agrícolas, na área de abrangência dos basaltos, devido à fertilidade dos solos, com a implantação de cultivos rotativos de soja, trigo e milho e nas áreas de arenitos, as culturas de café eram intensas.

## **5. RESULTADOS E DISCUSSÕES**

### **5.1. As bacias hidrográficas e a estrutura geoecológica da paisagem**

A caracterização da estrutura geoecológica da paisagem do setor do alto vale do rio Pirapó, onde estão inseridas as duas bacias hidrográficas estudadas, foi obtida a partir da análise integrada das cartas temáticas e dos levantamentos de dados em campo e em instituições especializadas, é apresentada a seguir. Inicialmente, entretanto, será abordada a caracterização morfométrica das bacias hidrográficas selecionadas. A bacia do ribeirão do Sória é característica da margem direita, enquanto que a do ribeirão Alegre representa aquelas da margem esquerda do rio Pirapó, nesse setor.

#### **5.1.1 Características morfométricas das bacias hidrográficas**

A bacia hidrográfica do Pirapó, nesse setor, apresenta diferenças significativas entre a margem direita e a esquerda (Figura 3). As bacias dos tributários da margem esquerda, geralmente mais longos e com traçados mais sinuosos, condicionados pelo sistema de fraturamento da rocha e lineamentos estruturais, se apresentam com formas geralmente ovaladas. Na margem direita, as formas dominantes das bacias são de leque. As bacias dos ribeirões Alegre e Sória representam a variação de tipos entre as duas margens (Figura 3).

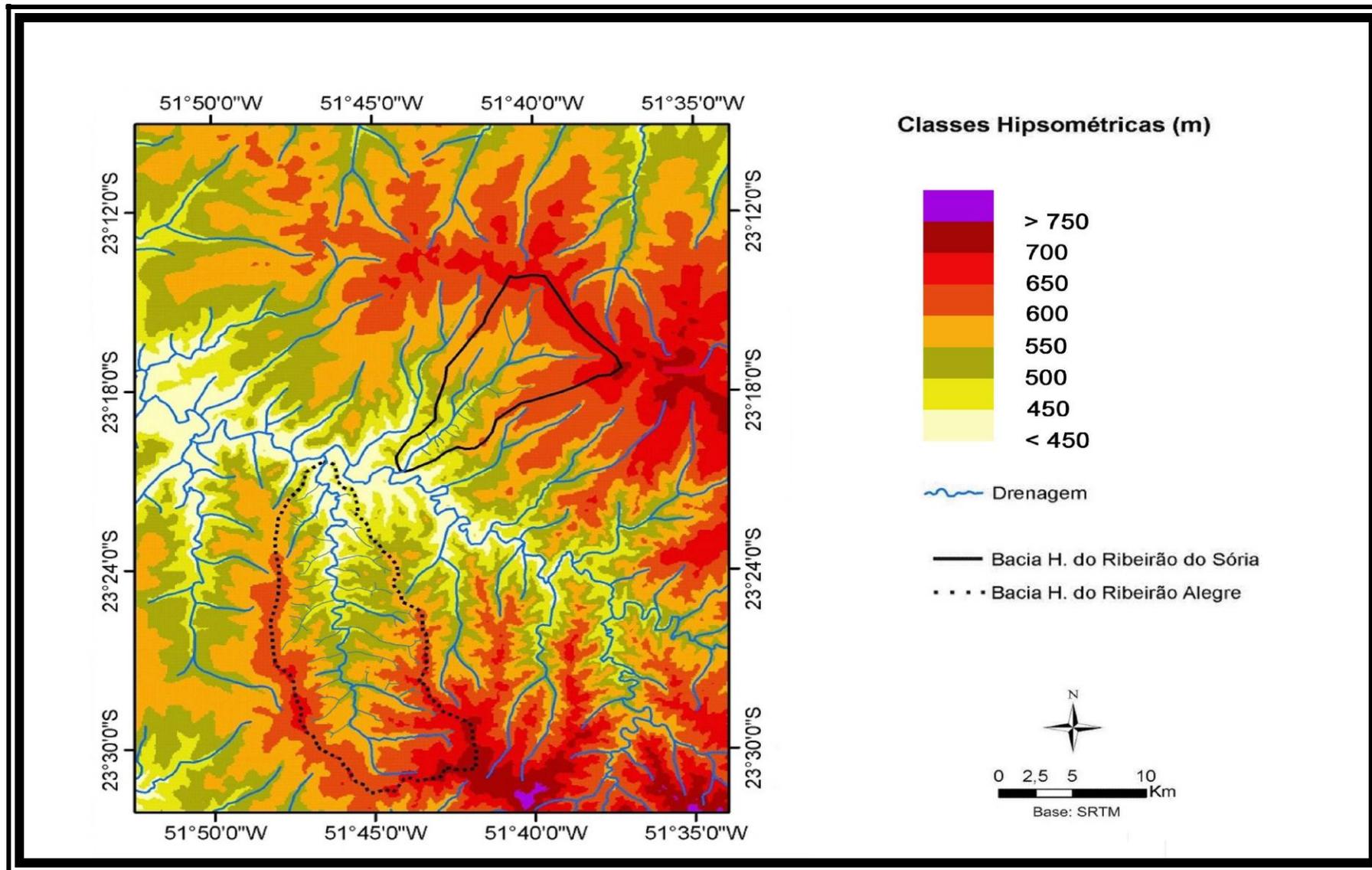


Figura 3 – Hipsometria de um setor do alto vale do rio Pirapó - PR.

O Quadro 1 apresenta os resultados dos principais índices e medidas tradicionalmente empregados para a caracterização morfométrica de bacias hidrográficas: densidade de drenagem (Dd), índice de circularidade (Ic), fator de forma (Kf), declividade média (Dm), coeficiente de rugosidade (CR) e índice de sinuosidade.

Quadro 1 - Morfometria das bacias hidrográficas.

<b>Morfometria</b>	<b>Bacia do Sória</b>	<b>Bacia do Alegre</b>
<b>Área</b>	59,24km <sup>2</sup>	125,01km <sup>2</sup>
<b>Perímetro</b>	37,637km	54,292km
<b>Altitude máxima</b>	710 m	743 m
<b>Altitude mínima</b>	411 m	397 m
<b>Amplitude altimétrica</b>	299 m	346 m
<b>Densidade de drenagem</b>	0,65km/km <sup>2</sup>	0,83km/km <sup>2</sup>
<b>Índice de circularidade (Ic)</b>	0,53	0,54
<b>Fator de forma (Kf)</b>	0,28	0,29
<b>Declividade média (Dm)</b>	6,0%	7,8%
<b>Índice de rugosidade (Ir)</b>	2,17	2,39
<b>Sinuosidade</b>	1,02	1,49

A bacia do ribeirão Alegre é mais extensa, correspondendo a 2,1 vezes a área ocupada pela bacia do ribeirão do Sória. Apresentam, também, diferenças na amplitude altimétrica, com as quotas mais altas e mais baixas registradas na bacia do Alegre.

A densidade de drenagem da bacia do Alegre (0,83km/km<sup>2</sup>) é superior àquela verificada para a do Sória (0,65km/km<sup>2</sup>). Entretanto, apesar da diferença observada, essas densidades são qualificadas como medianas, de acordo com a classificação apresentada por Beltrame (1994).

O índice de circularidade, entretanto, mesmo as bacias apresentando diferentes formas geométricas, foi semelhante – 0,53 para a do Sória e 0,54 para a do Alegre. Esses valores são intermediários entre 0 e 1, tendendo ligeiramente para formas mais circulares, onde, dependendo do solo e tipo de uso e ocupação os riscos de inundação serão maiores. O

mesmo se verifica com o fator de forma (Kf) que praticamente não variou entre as duas bacias hidrográficas.

A bacia do ribeirão Alegre obteve média ligeiramente mais elevada do que a do Sória, o mesmo ocorrendo para o índice de rugosidade.

A análise do traçado dos canais dos dois ribeirões mostrou, entretanto, que o ribeirão Alegre tem um traçado sinuoso (1,49), enquanto que o Sória apresenta um traçado regular (1,02).

Assim, a análise morfométrica indicou diferenças em algumas das variáveis analisadas e semelhanças em outras, não fornecendo indícios concretos de variação dinâmica entre essas duas bacias.

### **5.1.2. O relevo**

Apesar das altitudes serem aproximadas, as bacias hidrográficas dos tributários da margem esquerda são mais dissecadas (Figura 3), apresentando pequenos esporões, relativamente estreitos, modelados pelos afluentes de primeira e segunda ordem. Na margem direita, o relevo mostra-se menos dissecado, apresentando-se assim apenas no baixo curso dos tributários, onde geralmente os vales são mais estreitos, o entalhe mais pronunciado.

A análise da carta clinográfica (Figura 4) evidencia essas diferenças morfológicas, aqui traduzidas pelas variações de declividade. Destaca-se a ocorrência de áreas de declividades muito fracas (<6%), mais extensas e contínuas na alta bacia hidrográfica do ribeirão Sória. As declividades moderadas (12 a 20%) e fortes (20 a 30%) só aparecem a partir do setor médio da bacia, aumentando a sua presença em direção a jusante, onde o vale se estreita. Nesse setor as vertentes são mais dissecadas e curtas, contrastando com as vertentes longas e os topos planos de montante.

Na bacia hidrográfica do ribeirão Alegre, apesar de dominarem, a montante, declividades ainda consideradas fracas (< 12%), ocorrem também setores de declividades moderadas, sobretudo nas baixas vertentes. Nesta bacia, não aparecem zonas contínuas e extensas,

praticamente planas, como aquelas observadas na bacia do Sória. Assim, dominam topos mais arredondados, convexos e vertentes com rupturas de declividades evidentes. Do setor médio da bacia para jusante, as declividades moderadas e fortes são mais frequentes e se intercalam resultando em rupturas mais acentuadas.

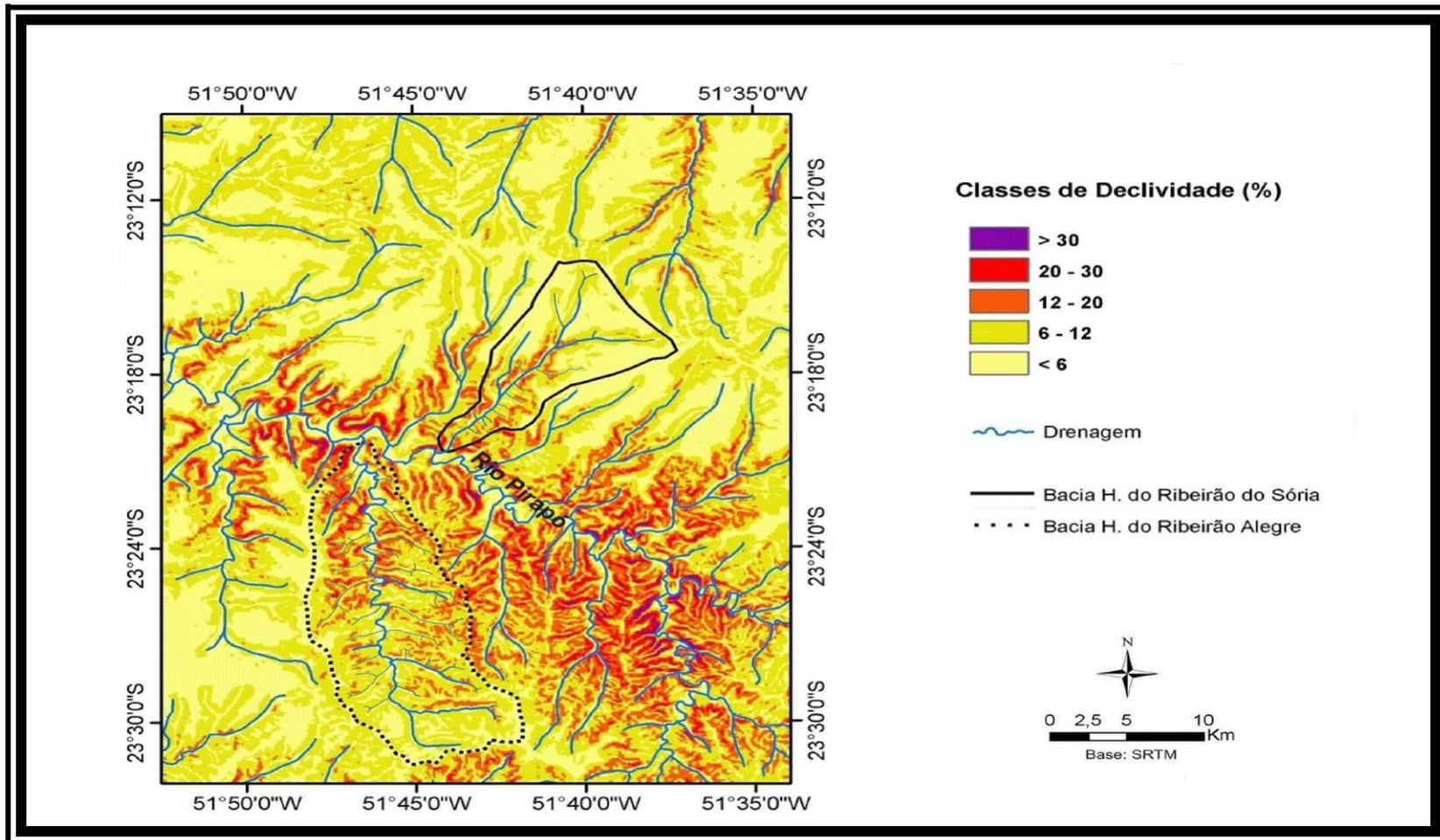


Figura 4 – Declividades de um setor do alto vale do rio Pirapó - PR.

### 5.1.3. O substrato geológico

Diferenças no substrato geológico também são verificadas entre as bacias dos tributários nesse trecho do alto vale do Pirapó. Na margem direita, as bacias ainda exibem no topo dos divisores ocorrências de arenitos da Formação Santo Anastácio, e da Formação Caiuá além de algumas manchas pequenas e esparsas da Formação Adamantina. Na margem esquerda verifica-se apenas a presença das rochas vulcânicas da Formação Serra Geral, representadas principalmente por basaltos.

Esse substrato geológico é constituído por rochas que datam do período Mesozóico e/ou sedimentos aluvionares Cenozóicos.

A Formação Serra Geral (Grupo São Bento), ocorre na maior parte da área da quadrícula analisada. Esta Formação é uma sequência sedimentar pré-lavas, composta por derrames de lavas de natureza toleítica, dando origem aos basaltos, mais especificamente basaltos toleíticos e andesi-basaltos com alto teor de titânio (PICCIRILLO *et. al.*, 1988), de coloração cinza escura a negra, hipocristalinos maciços ou vesiculares (PINESE & NARDY, 2003).

Os derrames de lavas da Formação Serra Geral de idade jurássica-cretácica se apresentam, de acordo com Melfi *et. al.* (1988), essencialmente subhorizontais, suavemente inclinados (geralmente em menos de 5°). E, ao longo dos topos dos interflúvios da vertente direita do rio Pirapó, no trecho estudado nesta pesquisa, os basaltos estão recobertos por arenitos da Formação Caiuá e da Formação Santo Anastácio de idade cretácica.

No setor Norte e Nordeste da área ocorrem as Formações Caiuá e Santo Anastácio, pertencentes ao Grupo Bauru, sobrepostas à Formação Serra Geral.

A Formação Caiuá é constituída por depósitos sedimentares continentais constituídos predominantemente por arenitos das frações média, fina a muito fina, moderadamente a bem selecionados, quartzosos, com feldspato, calcedônia e opacos, com tendência para apresentar termos mais finos na porção interior do pacote, e termos mais grossos nas porções

superiores. Os arenitos apresentam-se cimentados por pequenas quantidades de hidróxidos de ferro e argila, podendo ocasionalmente apresentar intensa cimentação por sílica, originando variedades duras e resistentes (MINEROPAR, 2006). Esta Formação abrange uma área de aproximadamente 70.000 km<sup>2</sup> na região noroeste do estado do Paraná (GASPARETTO & SOUZA, 2003).

Na Formação Santo Anastácio ocorre arenitos predominantemente finos à médios com porcentagens variadas de grãos bem arredondados, medianamente a mal selecionados, com pouca matriz argilosa. Apresentam feldspatos, calcedônia e opacos, exibindo frequentemente caráter subarcoziano (MINEROPAR, 2006).

O mapa (Figura 5) ainda registra coluviões arenosos a areno-argilosos derivados dos Arenitos Caiuá e Santo Anastácio, dispostos sobre espigões ou rampas a meia encosta. Estes coluviões apresentam ampla distribuição sobre a área de ocorrência dos Arenitos Caiuá e Santo Anastácio, estando, porém assinalados no mapa somente as ocorrências destes colúvios situados diretamente sobre o embasamento basáltico.

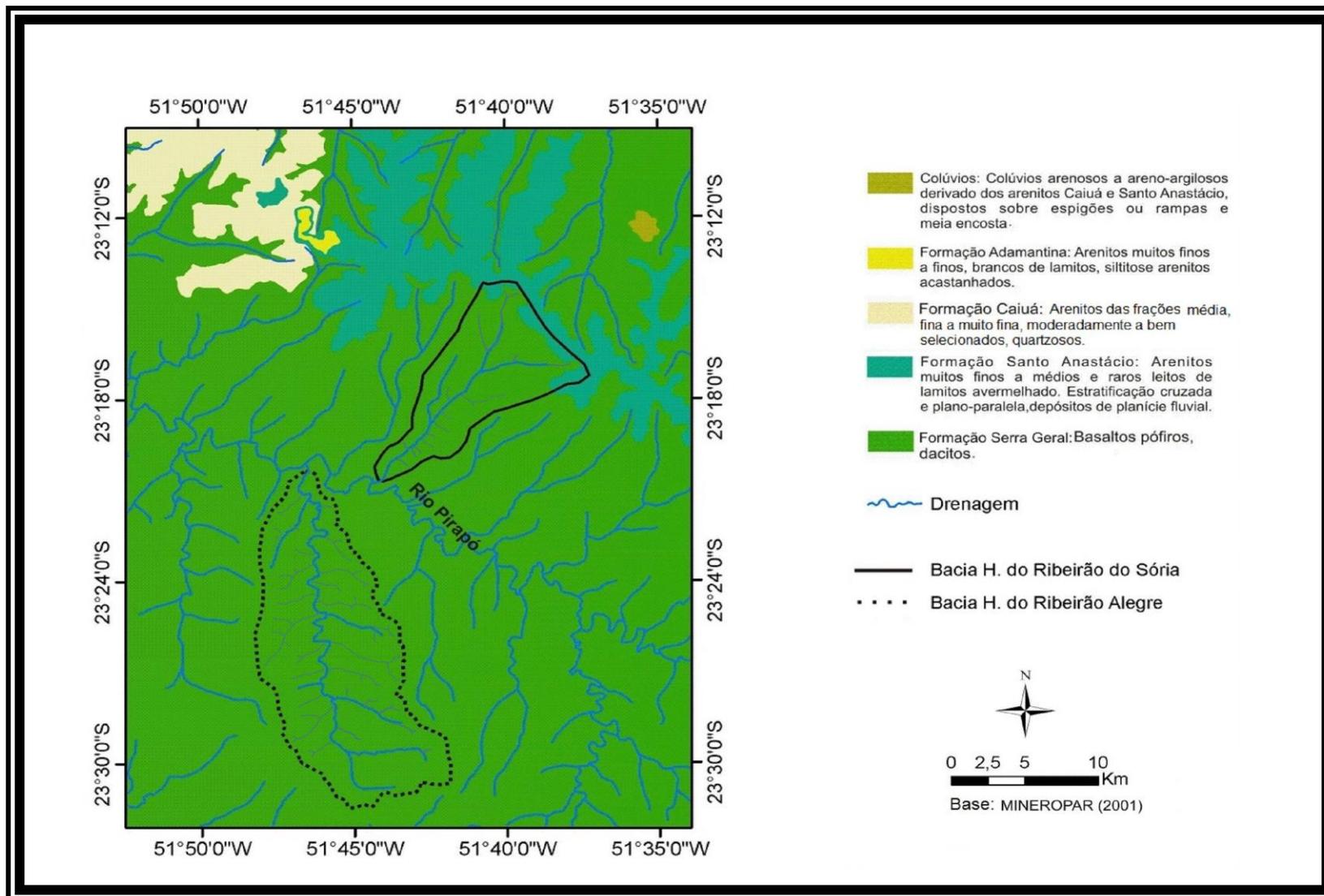


Figura 5 – Substrato geológico de um setor do alto vale do rio Pirapó - PR.

#### 5.1.4. A cobertura pedológica

A variação da geologia, assim como das formas e declividades das vertentes, se reflete nos tipos e distribuição das classes de solos.

Observando a carta pedológica da área de estudo, verifica-se que, ao longo de sua extensão, encontram-se quatro grupos de solos: Latossolos Vermelhos, Nitossolo Vermelho, Argissolo Vermelho, Neossolo Regolítico/Litóico (Figura 6).

Sobre os arenitos do topo do interflúvio, na bacia do Sória, aparece o Latossolo Vermelho de textura média, e sobre os basaltos, também em posição de topo, ocorre o Latossolo Vermelho férrico de textura argilosa. Nesse setor de fracas declividades, a partir da média vertente, o Latossolo Vermelho férrico dá lugar ao Nitossolo Vermelho férrico, também de textura argilosa, que passa a predominar no setor médio da bacia. Entretanto, esses solos espessos desaparecem no setor inferior da bacia, onde dominam os Neossolos Regolítico e/ou Litóico, que correspondem a solos rasos. Nessas áreas são comuns afloramentos de blocos de rocha – basalto, sobretudo junto às rupturas de declividades mais acentuadas nas vertentes.

Ressalta, na bacia do ribeirão Alegre, a ausência do Latossolo Vermelho de textura média (que está associado ao arenito) e a maior extensão da área de ocorrência dos Neossolos Regolítico e/ou Litóico em virtude da dissecação mais intensa do relevo, principalmente a partir do setor médio para jusante da bacia. O Latossolo Vermelho férrico de textura argilosa ocupa os topos arredondados dos divisores, em áreas cujas declividades não ultrapassam 12%. O Nitossolo Vermelho aparece na alta bacia, em posições de média-alta e média vertente, mas à medida que avança para o médio curso passa a aparecer em posições mais próximas do topo e, por vezes, no próprio topo.

As características dos solos descritos e analisados na área de pesquisa são apresentadas no item ANEXO 2.

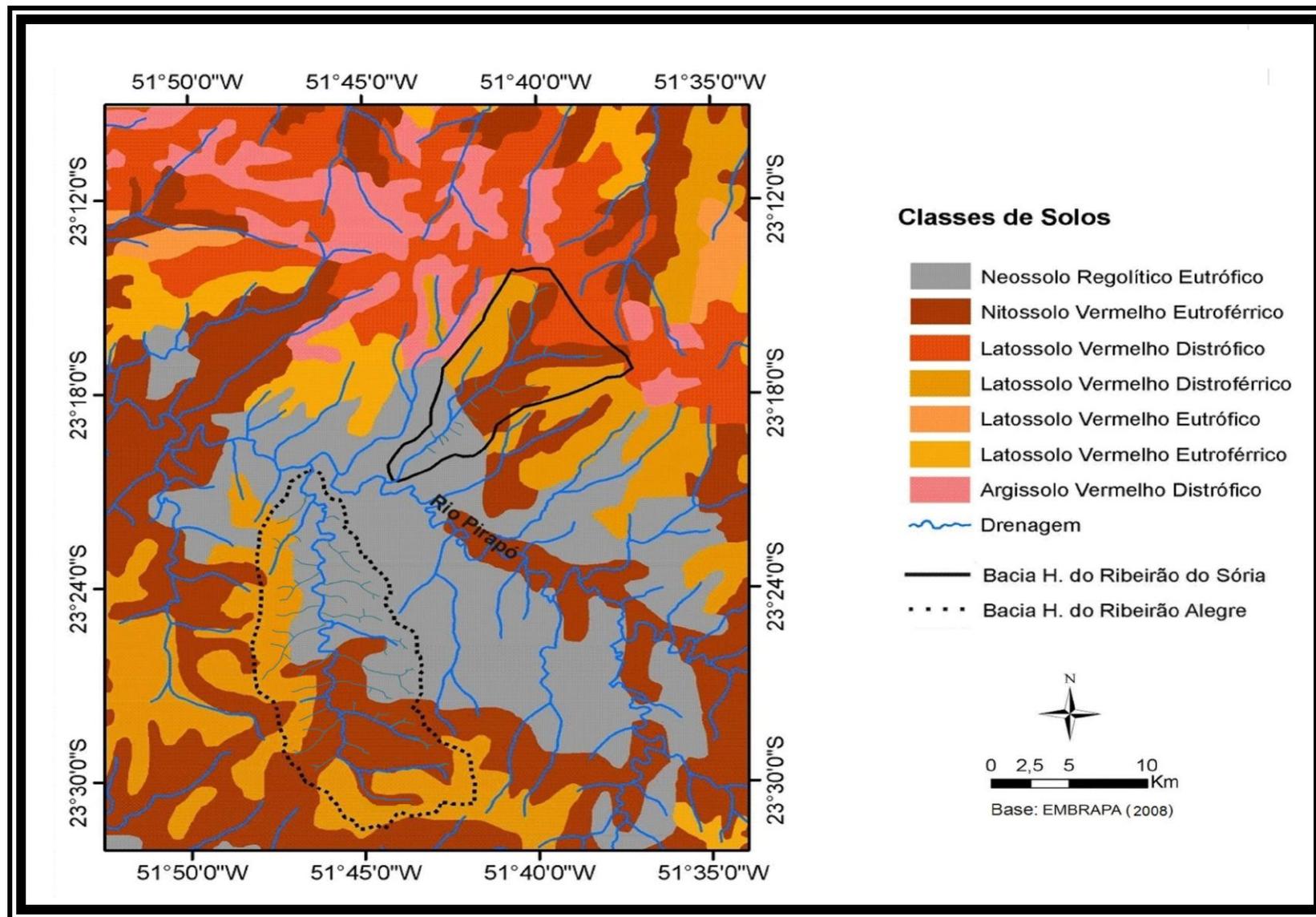


Figura 6 – Solos de um setor da alta bacia do rio Pirapó - PR.

### 5.1.5. O clima e a vegetação original

O clima nessa região é caracterizado como uma zona de clima tropical, tendo uma temperatura média superior a 22° C, para o mês mais quente, e de 18°C para o mês mais frio. De acordo com a classificação climática de Köppen (1948) se define como Cfa, ou seja, úmido em todas as estações e verão quente. Segundo Bigarella (*op. cit*), o regime das chuvas apresenta um curto período seco ou subseco no inverno e um máximo de chuvas no verão.

A partir da aplicação do ano-padrão (ANEXO 1), de Monteiro (1976), foi possível constatar, em sua maioria (18 anos), ano-padrão “normal” onde a distribuição da precipitação anual é semelhante à distribuição das precipitações médias, obtidas através de vários anos para o mesmo local, ou seja, essa distribuição está de acordo com a típica circulação atmosférica regional, em um período de décadas.

Os dados coletados, do posto pluviométrico do município de Astorga, mostraram que a menor precipitação foi encontrada no ano de 1985, com 1.123mm enquanto que a máxima registrada se deu nos anos de 1980 e 2009, com valores de 2.269mm e 2.181mm respectivamente (Figura 7).

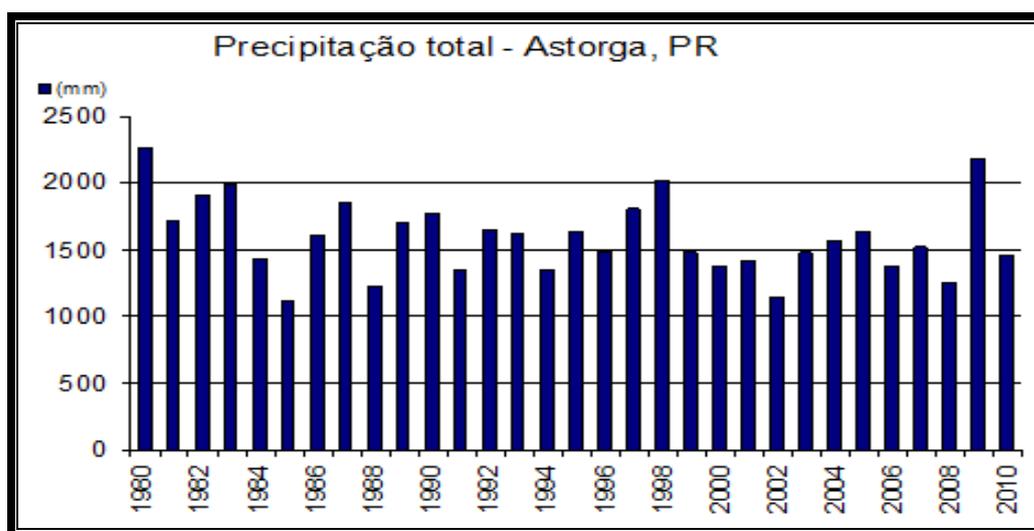


Figura 7 – Precipitação total do município de Astorga – PR, entre os anos de 1980 a 2010.

Quanto ao total de dias de chuvas, a área apresentou o maior valor registrado no ano de 1983, com um total de 148 dias. Já no ano de 2002, foi a menor quantidade, apresentando 73 dias de chuva (Figura 8).

Já o ano de 1985 teve o valor mais baixo de precipitação, caracterizando um ano padrão seco, todavia, não foi o que apresentou a menor quantidade de dias de chuvas entre os anos de 1980 a 2010. Isso demonstra que a quantidade de chuva (mm) não está necessariamente relacionada à quantidade dos dias em que estas ocorreram.

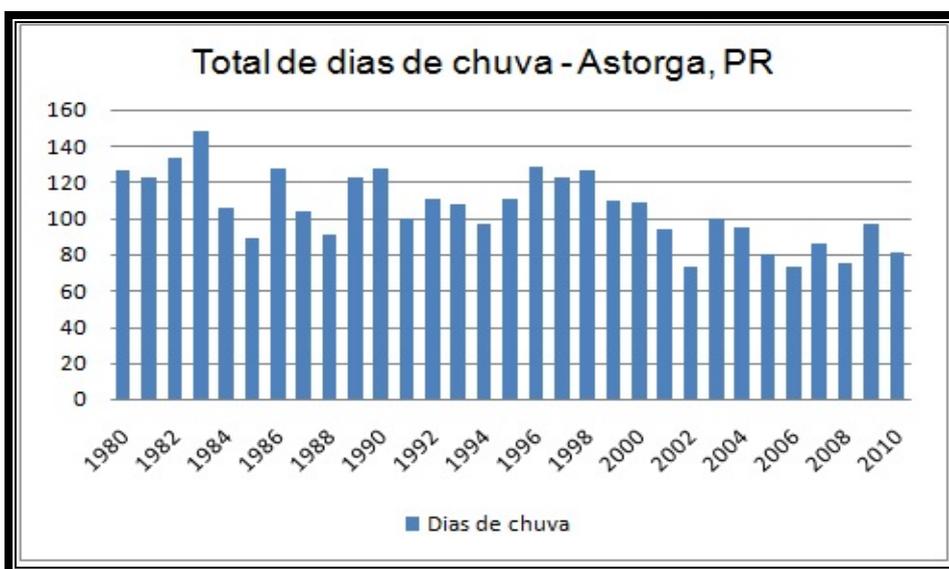


Figura 8 – Total de dias de chuva do município de Astorga – PR, entre os anos de 1980 a 2010.

A cobertura vegetal original da região, por sua vez, fazia parte da Floresta Estacional Semidecidual da bacia do Paraná (IBGE, 1992), que se estendia desde o Norte do estado do Paraná, além do interior de São Paulo, parte do Triângulo Mineiro, extremo Sul de Goiás e Mato Grosso do Sul (ROSS, 2006).

As formações vegetais dessa unidade têm como principal característica fisionômica a semidecidualidade, na estação desfavorável (RODERJAN *et. al.*, 2002). Já que a percentagem das árvores emergentes que perdem suas folhas durante o inverno é de 30 a 50% (IBGE, *op. cit.*). Além disso, essa formação vegetal apresenta dois estratos de árvores: arvoretas, arbustos e outro de ervas (Figura 9).



Figura 9 - Perfil esquemático destacando a estrutura de um segmento de Floresta Estacional Semidecidual no município de Maringá – PR.  
Fonte: Roderjan et al. (2002).

A Floresta Estacional Semidecidual encontrada sobre os solos derivados da Formação Caiuá é caracterizada por duas espécies dominantes, a peroba rosa (*Aspidosperma polyneuron*) e a guarita (*Astrontum urundeuva*), compondo um estrato de árvores pouco denso. Enquanto que a floresta encontrada sobre aqueles solos da Formação Serra Geral, apresenta um desenvolvimento mais vigoroso e exuberante. Entre as espécies dominantes são encontradas a peroba rosa (*Aspidosperma polyneuron*) e o pau d'alho (*Gallesla gorazema*) (MAZUCHOWSKI & BIGARELLA, 1985).

Contudo, a maior parte dessa vegetação foi derrubada para dar lugar às culturas e às pastagens.

### 5.1.6. O uso e ocupação da terra

O conjunto dos elementos analisados e a sua inter-relação constituem, junto com o clima, a estrutura geocológica que dá suporte às paisagens no interior das bacias hidrográficas estudadas. Representa, também, o conjunto dos recursos naturais que são incorporados e transformados pela ação humana no processo de ocupação e produção econômica.

A carta de uso e ocupação da terra (Figura 10) retrata a condição atual de exploração econômica desenvolvida nesse espaço geográfico. A análise dessa carta evidencia que as culturas sazonais, mecanizadas, se estabelecem preferencialmente nas áreas de declividades fracas. As declividades fortes, assim como os solos rasos e afloramentos de rocha, representam obstáculos para a mecanização. Alguns setores de declividades moderadas e de Neossolos, sobretudo aqueles regolíticos, são eventualmente ocupados por culturas, sobretudo quando aparecem entremeados solos um pouco mais espessos, Cambissolos e mesmo Nitossolos, mas em pequenas manchas, não mapeadas na escala adotada.

Mostra, também, que na bacia do Sória, sobre o Latossolo Vermelho de textura média que recobre o arenito da Formação Santo Inácio, ocorrem várias propriedades ocupadas com pastagem, apesar das condições de fracas declividades e da existência de solos espessos. Neste caso, é a rocha (arenito) que gera a textura média (< 30% de argila) no solo e que, conseqüentemente, induz a uma fertilidade natural mais baixa e a uma vulnerabilidade à erosão mais alta, desestimulando o uso com as culturas sazonais soja/milho/trigo. Entretanto, nessas áreas, as culturas de cana de açúcar aparecem entremeadas, substituindo as pastagens.

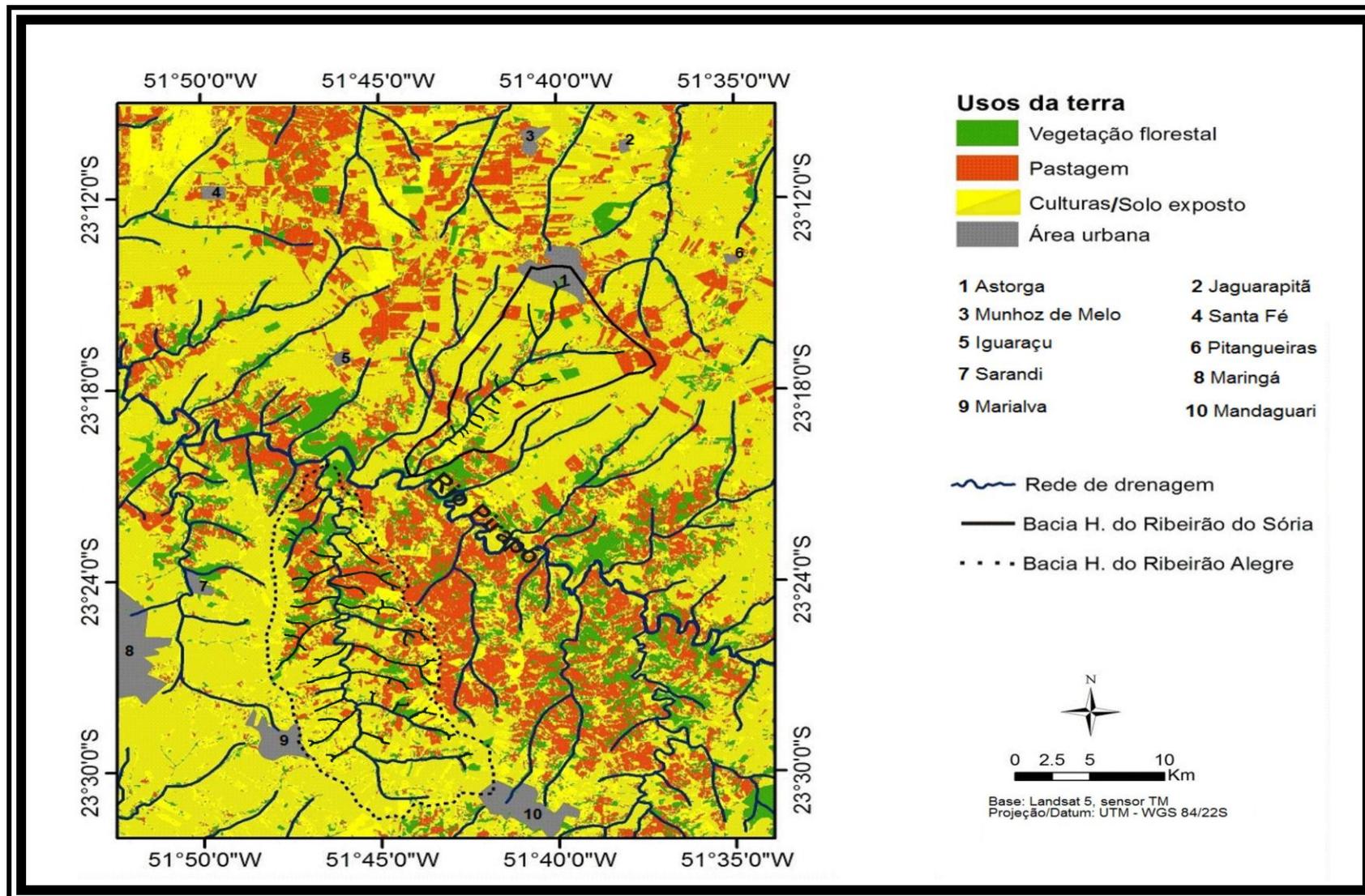


Figura 10 – Uso e ocupação da terra no alto vale do rio Pirapó - PR.

Nas áreas de declividades fortes e moderadas, onde ocorrem os Neossolos Litólicos e/ou Regolíticos, principalmente na bacia do ribeirão Alegre, dominam as pastagens intercaladas com setores de culturas sazonais. Essas culturas aparecem geralmente em segmentos da vertente com declividades mais baixas, ainda moderadas, mas onde a mecanização é possível.

Conforme Monbeig (1971 p. 35): “Dantes, cultura canavieira. Mais recentemente, cultura cafeeira. Num e noutro caso, a monocultura. Consagrou se à cultura comercial toda terra boa, sem que nada haja escapado a essa finalidade”.

A vegetação florestal, original ou plantada, ocorre ao longo dos córregos e ribeirões, de forma descontínua, e como manchas esparsas de tamanho irregular, geralmente em trechos de vertentes com declividades fortes, recobertos por solos rasos. As manchas de vegetação florestal aparecem em maior número na bacia do ribeirão do Alegre.

## **5.2. As unidades de paisagem no interior das bacias hidrográficas**

A análise integrada realizada a partir das cartas temáticas e com o auxílio do levantamento de dados em campo possibilitou a compartimentação das bacias hidrográficas, dos ribeirões Sória e Alegre, em unidades de paisagem.

- *Bacia hidrográfica do ribeirão do Sória*

Na bacia do ribeirão do Sória foram identificadas três unidades de paisagem, e traçados perfis transversais e um perfil longitudinal (Figura 11 e 12).

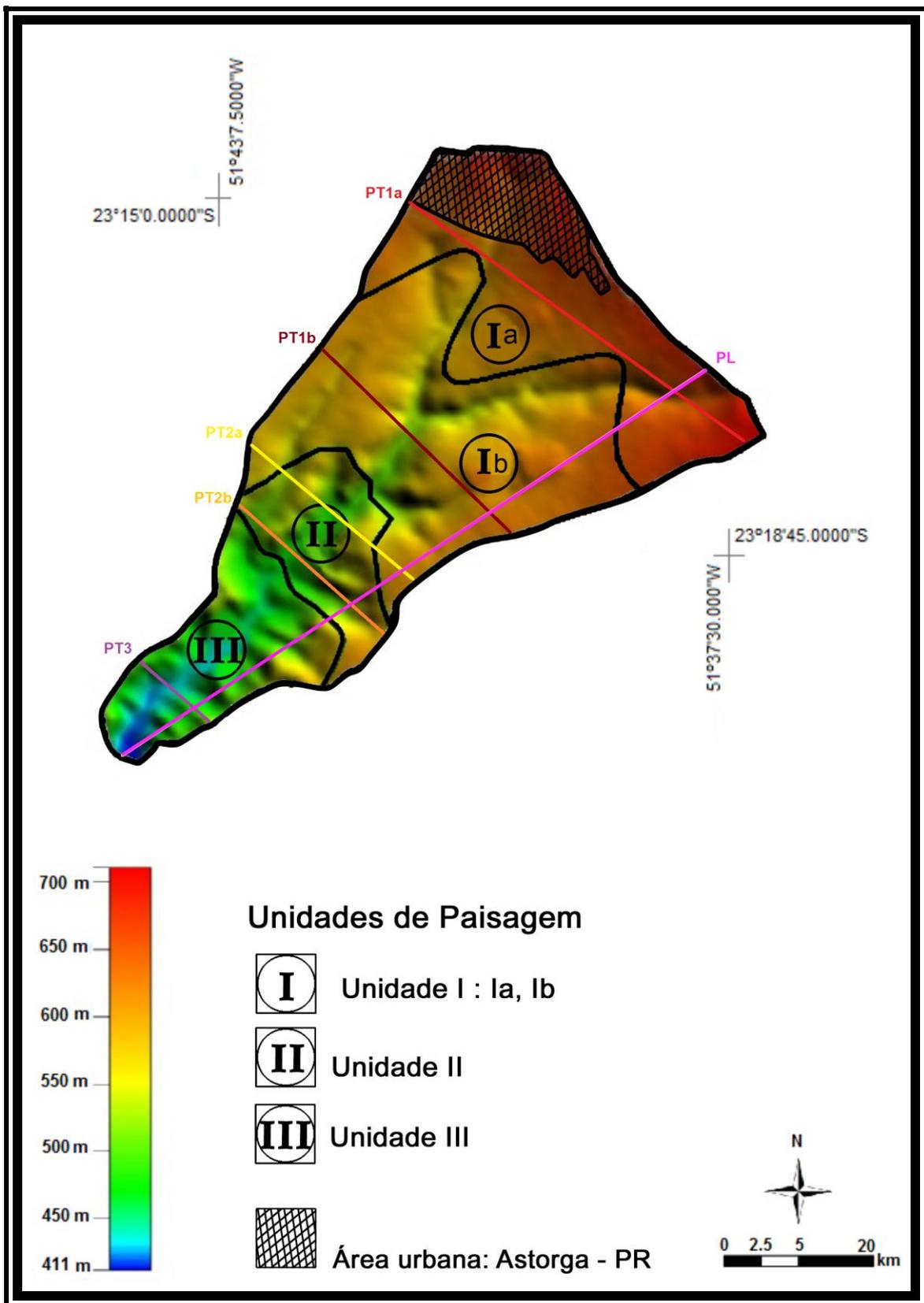


Figura 11 – Unidades de paisagem da bacia hidrográfica do ribeirão do Sória, com perfis transversais (PT) e perfil longitudinal (PL).

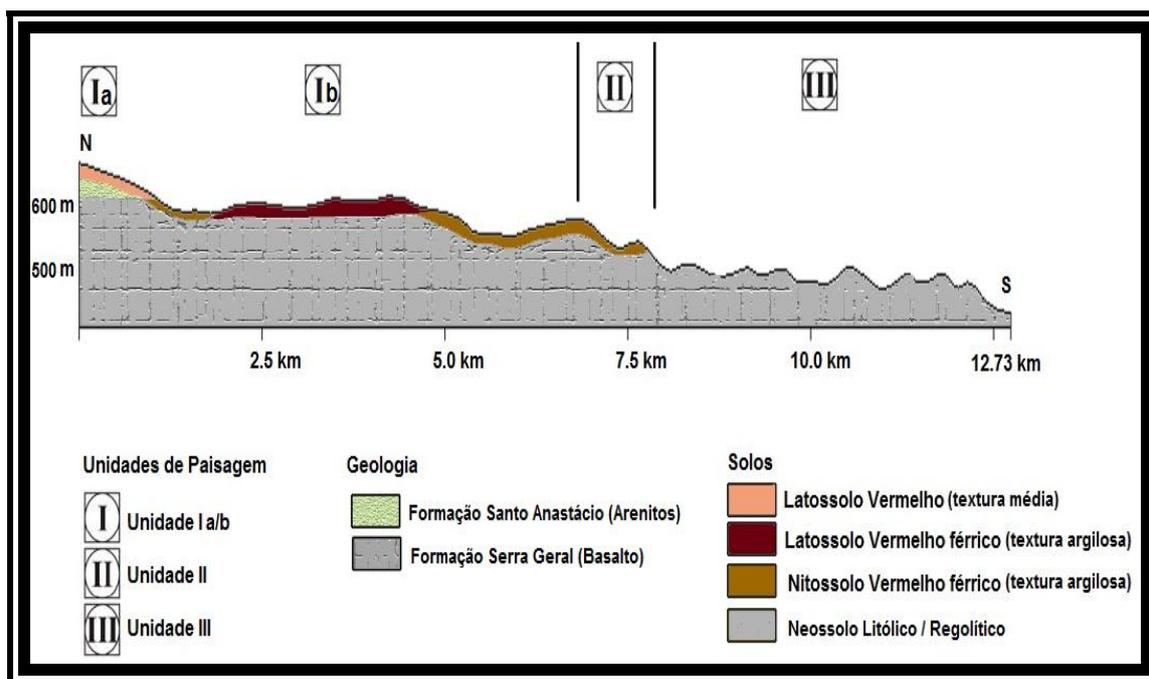


Figura 12 – Perfil longitudinal da bacia do ribeirão do Sória.

A Unidade I, a mais extensa, engloba a alta bacia e parte do seu setor médio, e se caracteriza por colinas muito amplas de topos largos, planos e por vertentes longas, de declividades muito fracas, retilíneas com segmentos convexos e curtos na baixa vertente. Apresenta solos espessos, predominantemente os Latossolos Vermelhos férricos de textura argilosa e os Latossolos de textura média. No terço inferior das vertentes (segmentos convexos) aparece o Nitossolo Vermelho férrico.

A variação no substrato geológico implica, em variações nas propriedades texturais e, também, na capacidade produtiva dos solos derivados, além da vulnerabilidade aos processos erosivos. Dada a importância dessa variação na estrutura geocológica e nas suas consequências em termos de funcionamento e comportamento da paisagem, subdividiu-se a Unidade I em Ia (Figura 13 – PT1a) e Ib (Figura 14 – PT1b). A subunidade Ia corresponde à área dominada pelos Latossolos Vermelhos, originados da alteração dos arenitos da Formação Santo Anastácio, ou com a sua contribuição, mesmo quando sobre basaltos.

Apesar das condições topográficas favoráveis à agricultura mecanizada (fracas declividades) para a produção de grãos, é, ainda, frequente nesta subunidade a presença de pastagens.

O perímetro urbano da cidade de Astorga, implantado sobre o divisor, ocupa parcialmente essa unidade de paisagem. Arruamentos inacabados na periferia exibem processos erosivos instalados, que evoluem muito rapidamente, impactando também as áreas rurais vizinhas (Figura 15).

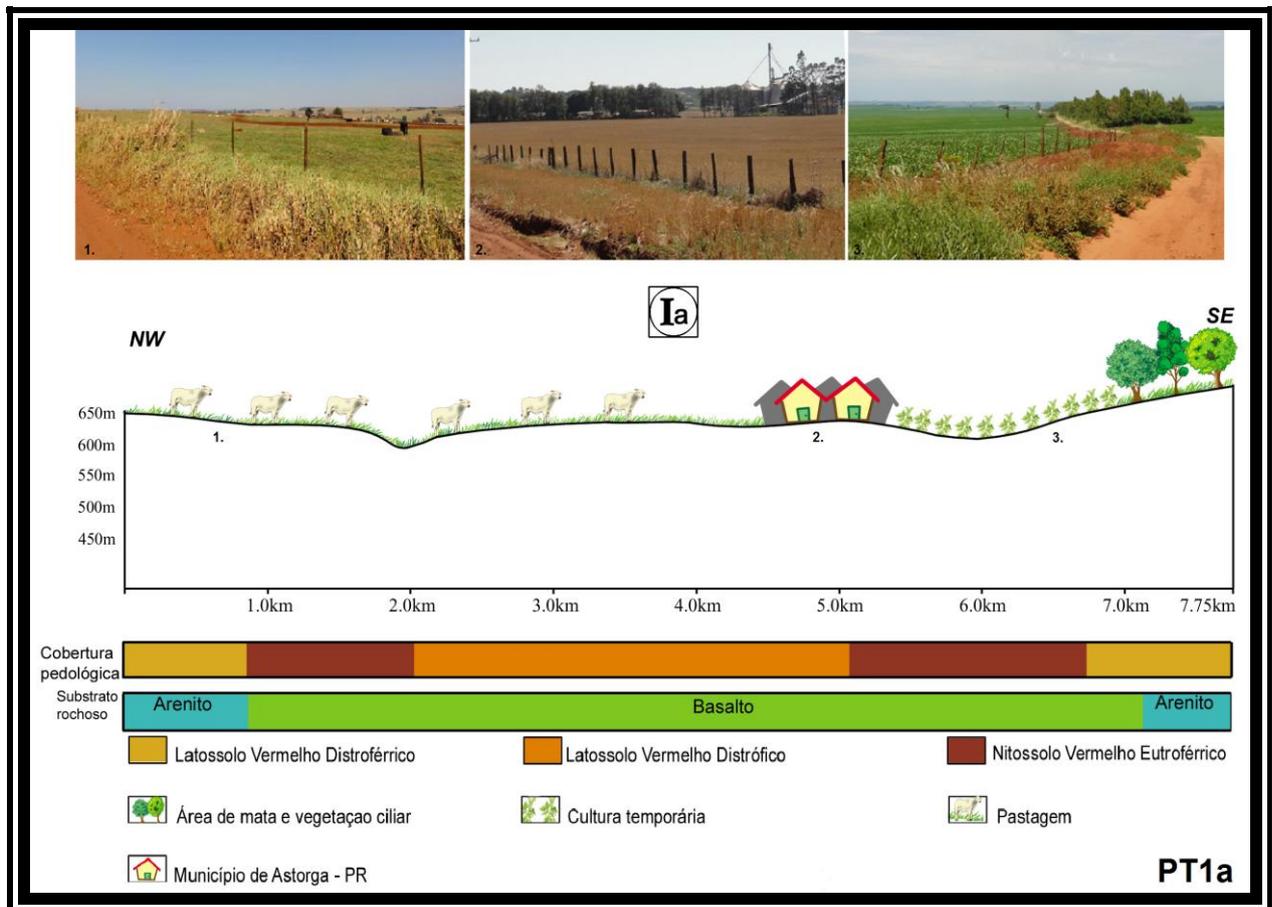


Figura 13 – Subunidade Ia. Foto 1. Predomínio da pastagem sobre o Latossolo Vermelho de textura média; 2. Transição entre área urbana/rural, ao fundo município de Astorga – PR; c. Pasto e soja sobre o arenito.

A subunidade Ib, integralmente sobre o basalto, recoberto por solos de textura argilosa, Latossolo Vermelho férrico e Nitossolo Vermelho férrico (Figura 14), topograficamente mais baixa do que a subunidade Ia (Figura 16), apresenta uma fisionomia mais uniforme, marcada pela presença dominante de culturas mecanizadas de grãos (Foto 1). A maior parte dessa

subunidade está localizada no setor médio da bacia, relativamente mais estreita e com o vale do ribeirão Sória mais encaixado do que a montante (Foto 2), na subunidade Ia. Nessa subunidade também estão instaladas cabeceiras de drenagem de tributários de 1º ordem do ribeirão do Sória. Estas apresentam anfiteatros menores, mais estreitos e marcados na paisagem, sobretudo, pelas áreas de preservação permanente (Foto 3).

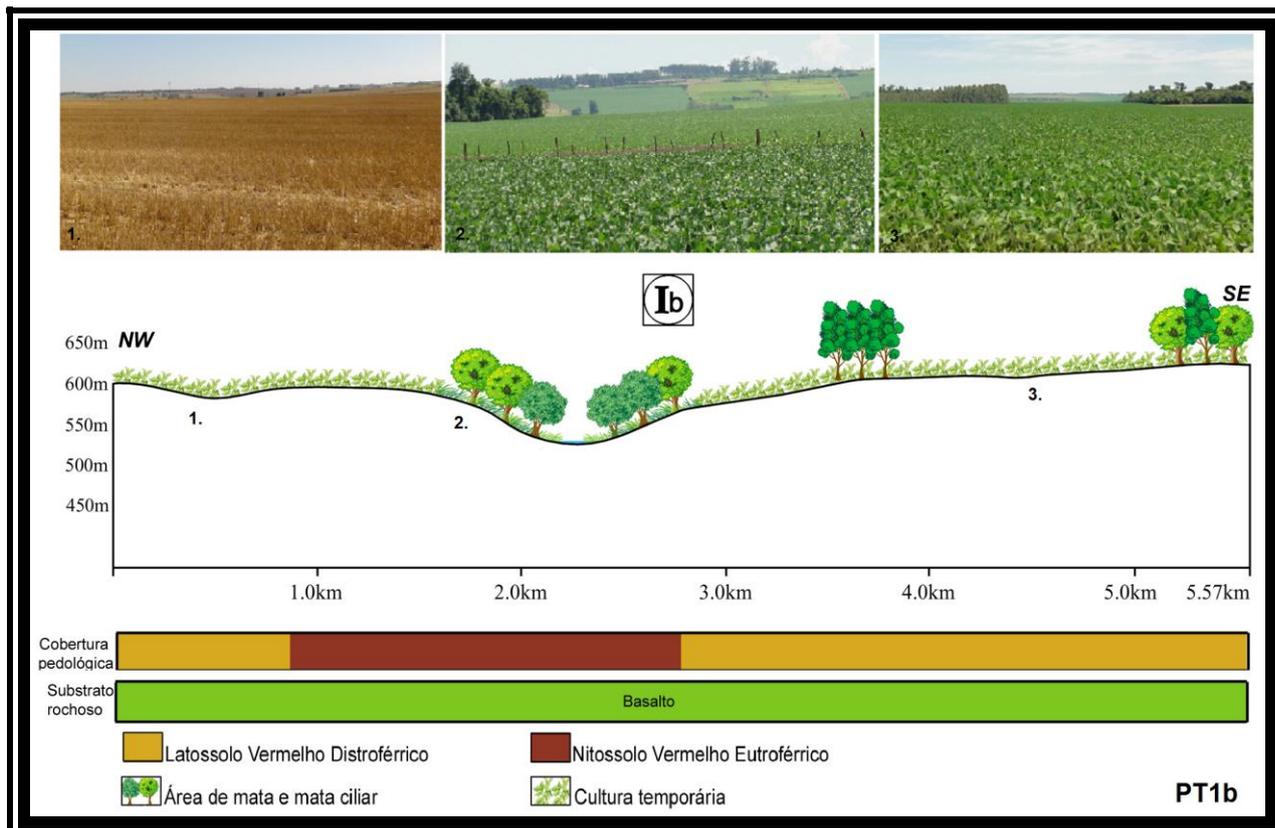


Figura 14 – Subunidade Ib. Foto 1. Sobre o basalto, ao fundo a cidade sobre a unidade Ia; 2. Vale mais entalhado; 3. Campo e área de preservação permanente em cabeceiras.



Figura 15 – Erosões provocadas por arruamento inacabado da área periurbana de Astorga – PR.



Figura 16 – A subunidade Ib é mais baixa que a subunidade Ia ao fundo.

A Unidade de paisagem II corresponde a uma zona intermediária entre o setor superior (Figura 17 – PT2a) e inferior da bacia (Figura 18 – PT2b). É constituído exclusivamente pelo basalto e apresenta uma dissecação maior do relevo. Em consequência, as vertentes são mais curtas e com declividades mais acentuadas, recobertas principalmente pelo Nitossolo Vermelho férrico, textura argilosa. Os Latossolos só aparecem em pequenos setores de topo do divisor de águas entre as bacias. Em virtude do aumento das declividades nas vertentes, ocorrem alguns

afloramentos de blocos de rocha associados a manchas de Neossolos Litólicos, não mapeadas na escala adotada. A fisionomia da paisagem muda em comparação com a Unidade I. As colinas aqui são médias a curtas, intercaladas por vales mais entalhados, exibindo algumas manchas de vegetação florestal, entremeando áreas de culturas e pastagens.

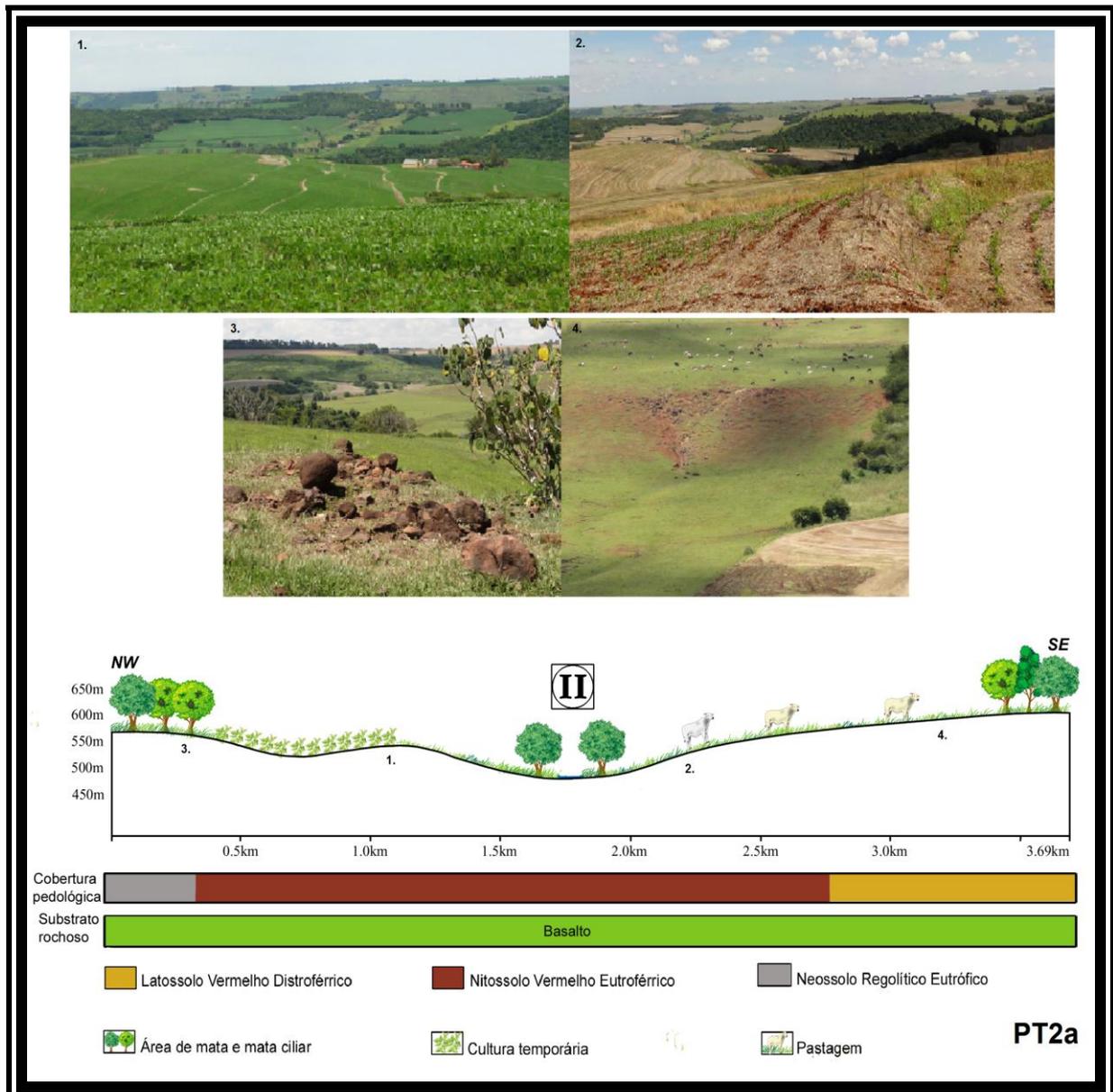


Figura 17 – Unidade II da bacia do ribeirão do Sória.

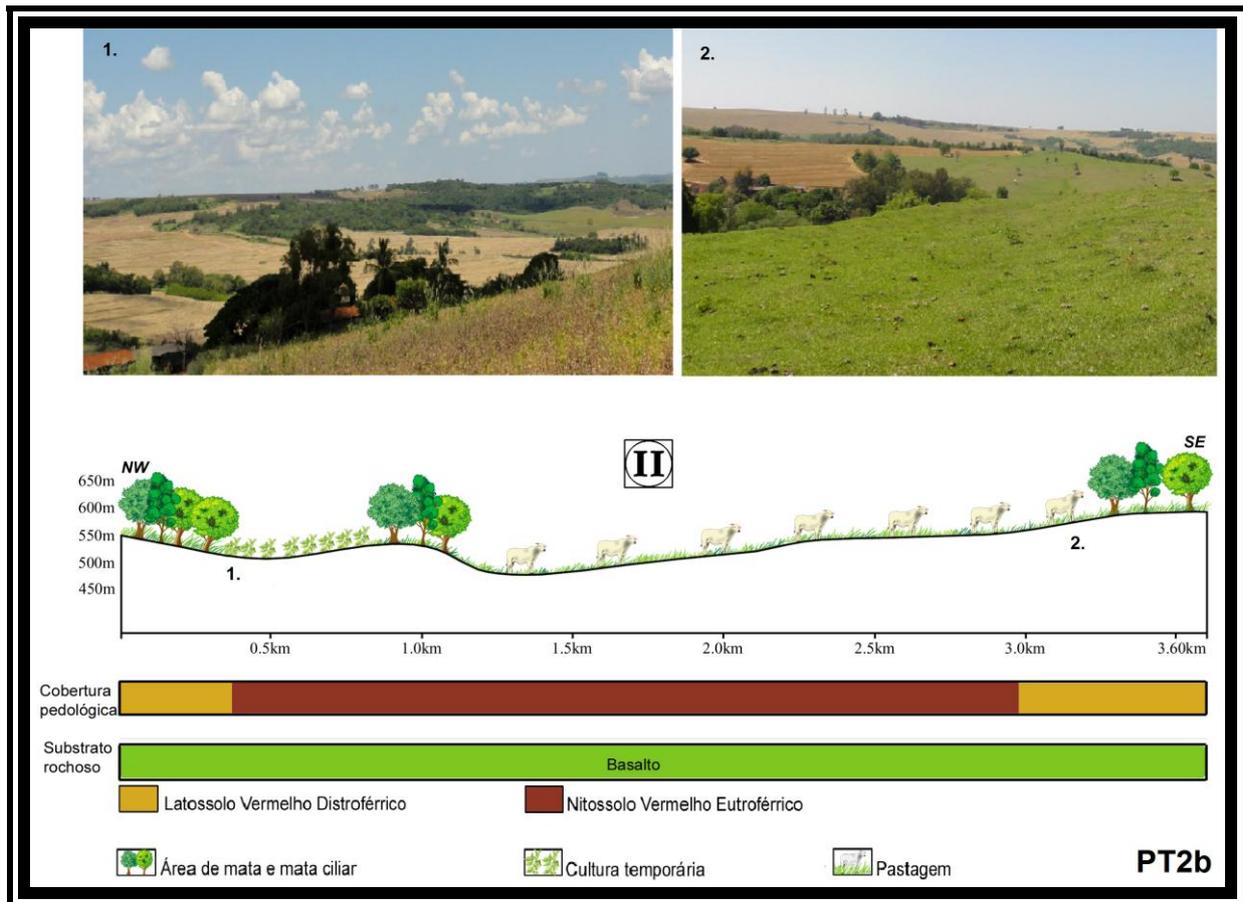


Figura 18 – Unidade II da bacia do ribeirão do Sória.

A Unidade de paisagem III está abrigada no setor inferior da bacia, onde ela é mais estreita e dissecada. Os topos são reduzidos, as encostas com declividades fortes, frequentemente superiores a 20%, e rupturas acentuadas, apresentam segmentos retos em posição de alta vertente, rupturas côncavas na base ou nos setores médios, criando aí rampas inclinadas de declividades moderadas a fracas (Figura 19 – PT3). Nesses segmentos baixos e inclinados os solos se apresentam um pouco mais espessos (passagem de Neossolos para Cambissolos, não mapeável na escala adotada) suportando, desse modo, o uso com culturas sazonais. A paisagem apresenta uma fisionomia em mosaico, onde se alternam formas diferentes de segmentos de vertentes (convexos, retilíneos, côncavos) e tipos de uso: vegetação florestal e pastagens em segmentos mais declivosos, culturas sobre as rampas de declividades moderadas a fracas, geralmente nos terços médios das vertentes.

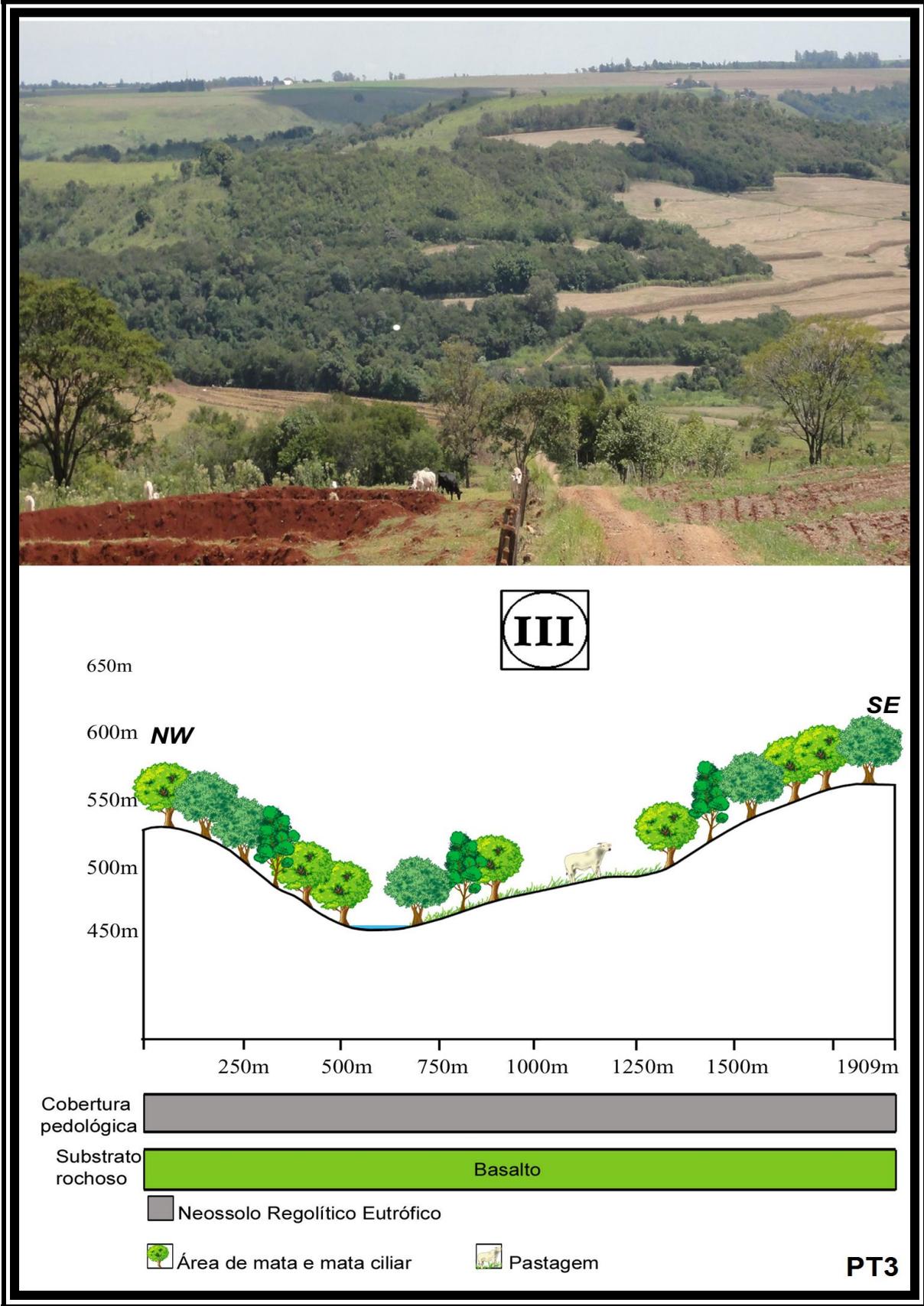


Figura 19 – Fotografia representativa da Unidade III. Aqui a paisagem apresenta uma fisionomia em mosaico.

Na unidade de paisagem III, as rupturas de declividade geralmente são marcadas por afloramentos de rochas, observa-se, ainda, com maior frequência a ocorrência de formas erosivas nas vertentes e movimentos em massa do solo, estes últimos mais visíveis nas áreas de pastagens (Figura 20 - Fotos a, b, c, d, e, f). São os terrassetes, formas acentuadas pelo pisoteio do gado, que exibem microdeslizamentos e/ou fluxos de lama, aqui de pequena amplitude.



Figura 20 – Fotos: a. ruptura marcada por afloramento de blocos de rocha, com sulcos e ravinas; b. terrassetes – movimentos em massa; c. processos erosivos generalizados; d. presença de ravinas por pisoteio animal; e. afloramento de solos rasos; f. detalhe de solos rasos.

- *Bacia hidrográfica do ribeirão Alegre*

Na bacia do ribeirão Alegre também foram identificadas três unidades de paisagem, diferenciadas entre si pela estrutura geocológica, e traçados perfis transversais e perfil longitudinal (Figura 21 e 22).

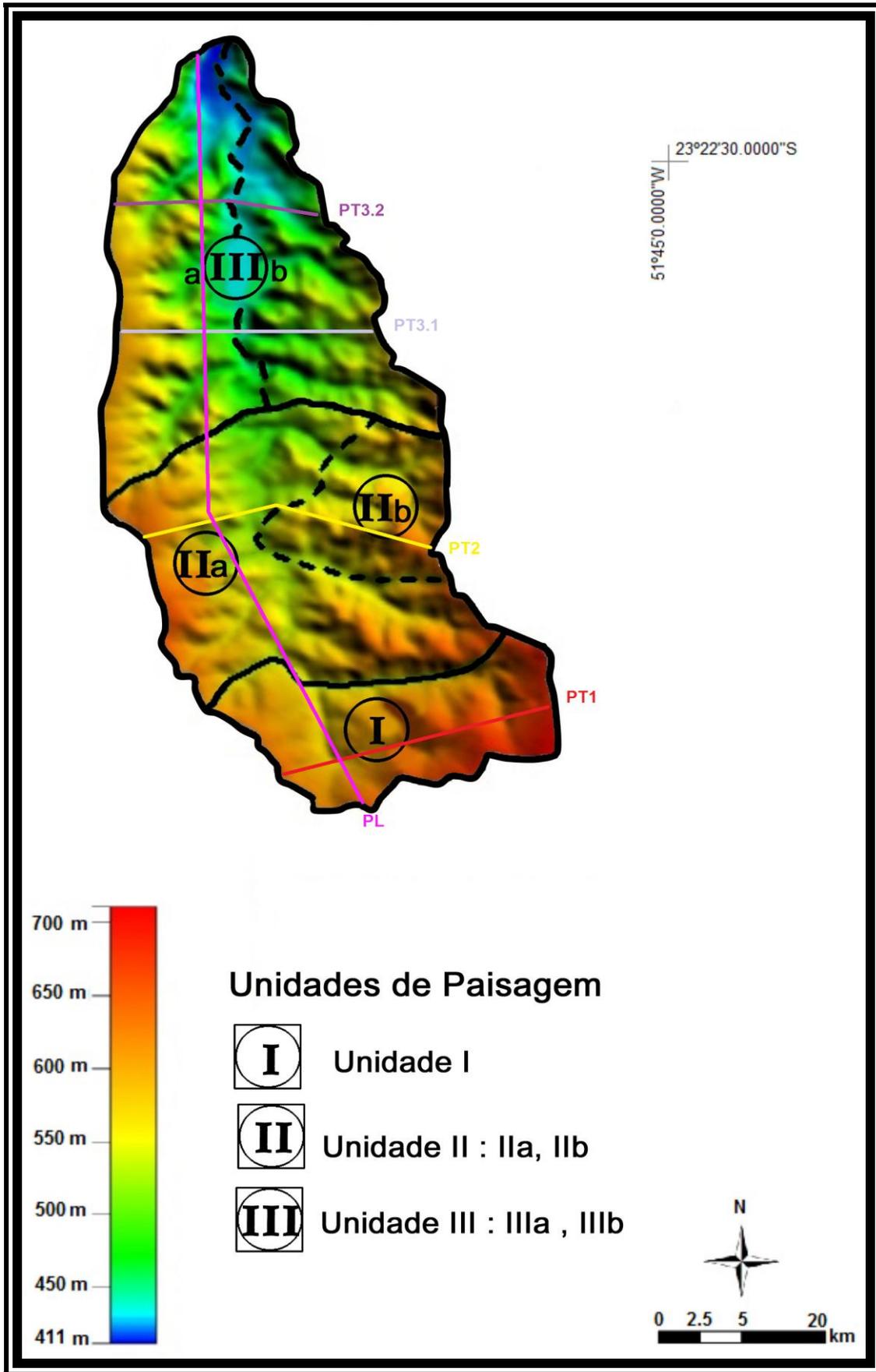


Figura 21 - Unidades de paisagem da bacia hidrográfica do ribeirão Alegre, com perfis transversais (PT) e perfil longitudinal (PL).

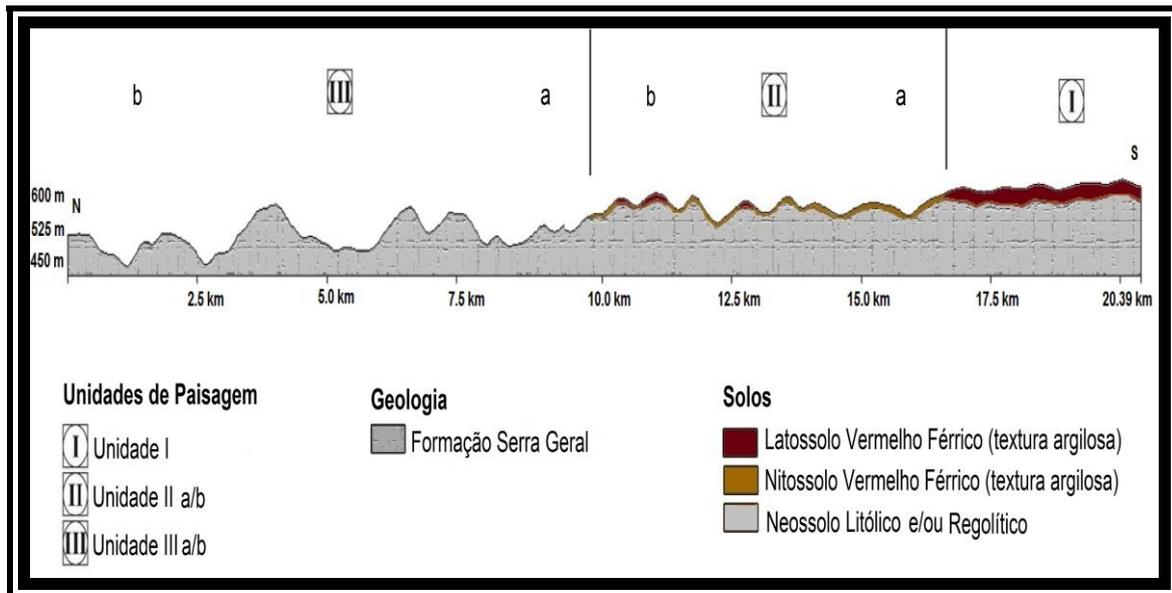


Figura 22 – Perfil longitudinal da bacia hidrográfica do ribeirão Alegre.

A Unidade de paisagem I possui características semelhantes àquela da bacia do Sória, com a diferença de que aqui só ocorre o basalto como substrato geológico. Está toda no setor de alta bacia do ribeirão Alegre, mas é comparativamente menor em extensão com a sua similar na bacia do Sória, se constituindo também e uma das menores unidades de paisagem em extensão na sua própria bacia. Dominam as declividades fracas e o Latossolo Vermelho férrico, textura argilosa, recobre a maior parte dos topos e altas vertentes. O Nitossolo Vermelho férrico, textura argilosa, aparece em posições mais baixas nas vertentes, chegando até ao fundo do vale (Figura 23 – PT1). A unidade é atravessada diagonalmente (NW-SE) pela Rodovia do Café, tendo às suas margens apenas alguns estabelecimentos comerciais, concentrados principalmente em um local (Figura 23 – Foto 3). Nesse trecho da rodovia está instalado um posto de pedágio (Mandaguari).

De modo geral observa-se um domínio de culturas de grãos, interrompidas por propriedades produtoras de uva. São pequenas propriedades que aparecem distribuídas ao longo de faixas, resultantes do parcelamento de propriedades originalmente maiores. São mais frequentes nas proximidades da cidade de Marialva, reduzindo-se significativamente em direção à Mandaguari (Figura 23 – Foto 1).

A distribuição da produção de uva nessa unidade revela a sua relação com o mercado controlado por Marialva. Nas proximidades de Mandaguari, entretanto, começam a aparecer propriedades com cultivos de café (Figura 23 – Foto 2).

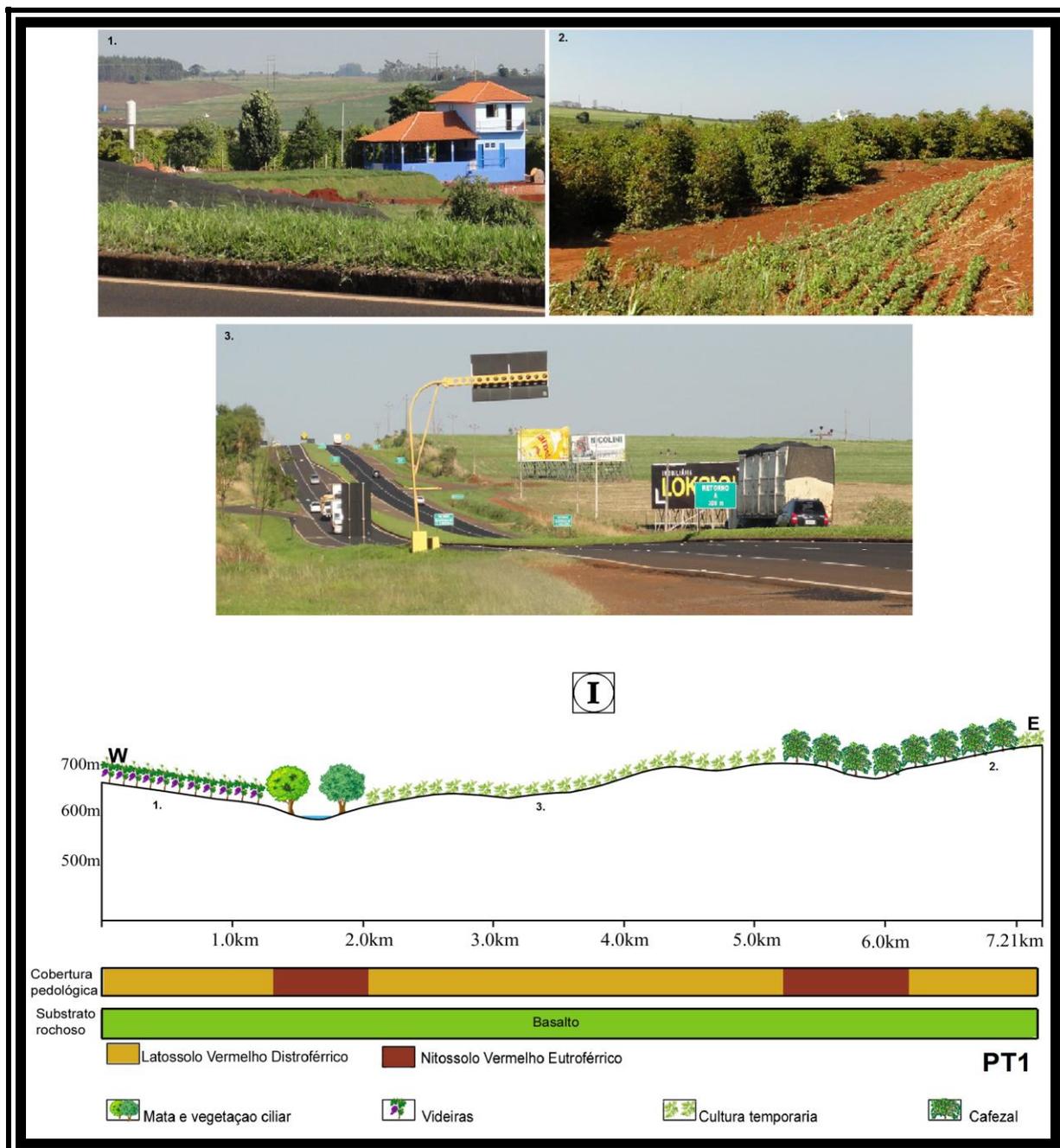


Figura 23 – Unidade I da bacia hidrográfica do ribeirão Alegre. Foto: 3. rodovia de Mandaguari; 1. propriedade com cultura de uva; 2. cultura de café.

A Unidade de paisagem II, que se estende em parte no setor alto e em parte no setor médio da bacia do Alegre, apresenta na maior parte do

seu território declividades entre 6 e 12%, com ocorrência frequente de segmentos na média-alta vertente com 12 a 20% de declividades, gerando rupturas relativamente acentuadas (Figura 24 – PT2). A vertente da margem direita do vale, nessa unidade de paisagem, apresenta-se mais longa e entalhada pelos tributários de primeira e segunda ordem que aí modelam pequenos esporões com topos estreitos, mas ainda arredondados. Os vales desses tributários são dessimétricos, com amplitudes altimétricas variando entre 40 e 70m (do topo até o fundo do vale) configurando um grau de entalhamento médio (de acordo com o critério de classificação de ROSS, 2006), apresentando em alguns casos vertentes com patamares estruturais. Na vertente da margem esquerda do vale, o entalhe dos afluentes de primeira e segunda ordem é menor (geralmente inferiores a 40m – grau fraco de entalhamento, segundo ROSS, *op. cit.*) e as distâncias interfluviais são relativamente maiores.

Nessa unidade, percebe-se, sobretudo na vertente da margem direita, a elaboração e desenvolvimento de níveis topográficos mais baixos, cujos topos apresentam altitudes próximas a 600m, embutidos entre os interflúvios mais altos que delimitam a bacia de drenagem. Esses níveis, que aparecem inicialmente como patamares nas vertentes, a montante, (Figura 24 – Foto 1) se mostram mais evidentes e ampliados em extensão nas vizinhanças com a Unidade III. Essa diferença entre as vertentes do vale do ribeirão Alegre aparece também com relação aos solos. Nos setores de entalhe médio, ocorrem predominantemente os Neossolos Litólicos e/ou Regolíticos, enquanto que nas áreas de entalhe mais fraco aparece o Nitossolo Vermelho férrico, textura argilosa, predominantemente. O Nitossolo aparece também recobrendo os setores de baixa vertente em forma de rampas inclinadas com declividades de 6 a 12% associados aos níveis topograficamente embutidos da margem direita. O Latossolo Vermelho férrico só aparece em uma pequena área, sobre o divisor principal.

Assim, considerando-se essas diferenças, que também se destacam nas formas de uso da terra, concentrando no setor mais dissecado as pastagens, enquanto que no menos dissecado e sobre as

rampas inclinadas domina o uso com culturas sazonais e videiras, subdividiu-se essa unidade em Ila e IIb. A Unidade IIb (Figura 24 – Foto 2) corresponde ao setor de maior dissecação, de solos rasos e uso predominante com pastagem. Parte da periferia urbana da cidade de Marialva ocupa parcialmente o setor de topo da subunidade Ila e, ao seu redor, também aparecem várias propriedades produtoras de uva, entremeadas pelos campos de cultivo de grãos.

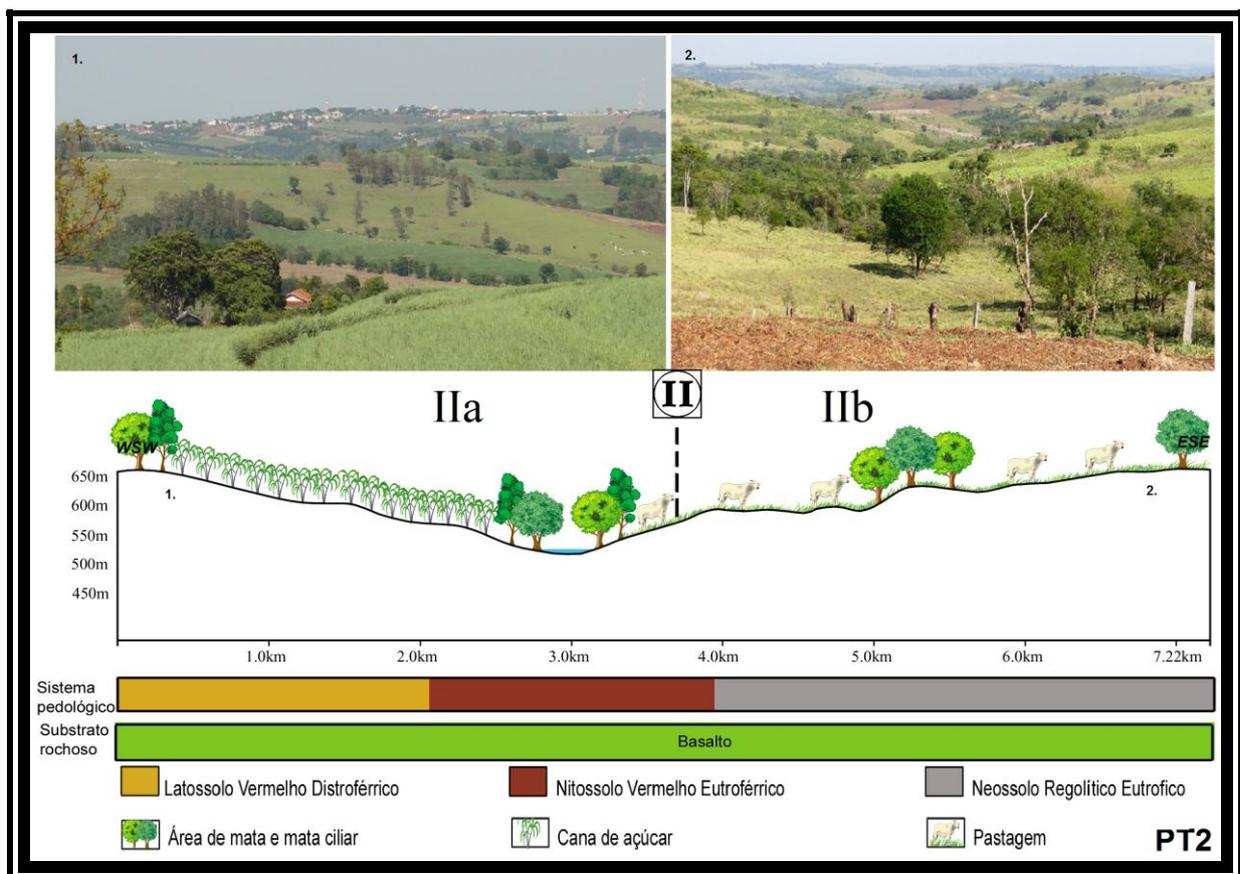


Figura 24 – Unidade II da bacia hidrográfica do ribeirão Alegre.

Fotos: 1. aspecto geral do vale visto a partir da margem direita, ao fundo, periferia urbana e áreas de cultivo (grãos e uva); 2. vista da subunidade IIb – área de maior dissecação e solos rasos, vertentes em patamares.

A Unidade de paisagem III é a mais extensa e ocupa parte do setor médio e todo o trecho inferior da bacia do ribeirão Alegre (FIGURA 25 – PT3). Apesar de ser uma unidade topograficamente mais baixa, é a mais dissecada, apresentando entalhes de até 80m de desnível entre o topo e o fundo do vale. Aqui os segmentos de vertentes com declividades moderadas (12 a 20%) e fortes (20 a 30%) ocupam maior extensão nas

vertentes, com a ocorrência também de setores com declividades superiores a 30%. Assim, são frequentes as rupturas de declividades acentuadas em posições de alta até média vertente da margem esquerda, formando, com maior frequência, patamares estruturais, enquanto que na margem direita, os níveis topográficos embutidos, agora mais baixos (550m), se ampliam.

Nessa unidade observa-se, ainda uma diferença altimétrica significativa entre os dois interflúvios que delimitam a bacia: o divisor a oeste apresenta altitudes compreendidas entre 580 a 640m ao longo do seu topo largo e achatado, só perdendo altitude próximo à confluência, quando atinge cerca de 500m, o divisor a leste, como resultado da dissecação mais intensa, se apresenta com topo cada vez mais estreito à medida que avança para a área da confluência, exibindo formas arredondadas que conferem um aspecto amorreado. As altitudes, desse setor do interflúvio, variam de 690 a 570m, caindo para 450m próximo à confluência. Essa redução altimétrica é produzida pela ampliação dos níveis topográficos embutidos que aí avançam sobre o divisor.

A cobertura pedológica é constituída predominantemente por Neossolos Litólicos e/ou Regolíticos. As declividades mais fracas só ocorrem ao longo do terço interior das vertentes (fundos de vale), dando origem a rupturas côncavas de onde partem segmentos retilíneos, ligeiramente inclinados em direção ao curso do ribeirão. A extensão desses segmentos retilíneos se amplia para jusante, promovendo o alargamento do fundo do vale. Esses segmentos retilíneos, ligeiramente inclinados na base da vertente e que muitas vezes chegam até o setor médio, onde os solos ficam um pouco mais espessos (Cambissolos e Nitossolos Vermelhos, não mapeáveis na escala adotada), são ocupados por culturas sazonais. No restante da unidade dominam as pastagens. As manchas de vegetação florestal são mais abundantes e além daquelas que funcionam como matas ciliares, aparecem outras geralmente recobrando os segmentos de vertente com declividades fortes, como já foi comentado anteriormente. De um modo geral, é nessa unidade de paisagem que se

observa um número maior de formas e processos erosivos atuando nas vertentes.

As diferenças morfológicas observadas, principalmente aquelas relativas à ampliação dos níveis topográficos embutidos, levam a propor a subdivisão da Unidade III em IIIa e IIIb. A subunidade IIIa corresponde à margem esquerda, que apresenta divisor com topo mais largo, recoberto por Latossolo Vermelho férrico, rupturas convexas associadas a segmentos retos de declividades fortes a muito fortes na alta vertente, rupturas côncavas na média e média baixa vertente, seguidas de segmentos retilíneos largos inclinados de declividades moderadas a fracas. Apesar da presença de Neossolos Regolíticos ou Litólicos em muitas dessas rampas se pratica a cultura mecanizada (Figura 25 – Foto 5).

A subunidade IIIb corresponde à margem direita, onde os níveis topográficos embutidos dominam, e cujo entalhe dos tributários de primeira e segunda ordem modelam pequenas colinas, recobertas por Neossolos Regolíticos ou Litólicos. Aqui dominam as pastagens e, em alguns locais, aparece a cultura de cana de açúcar (Figura 25 – Foto 1).

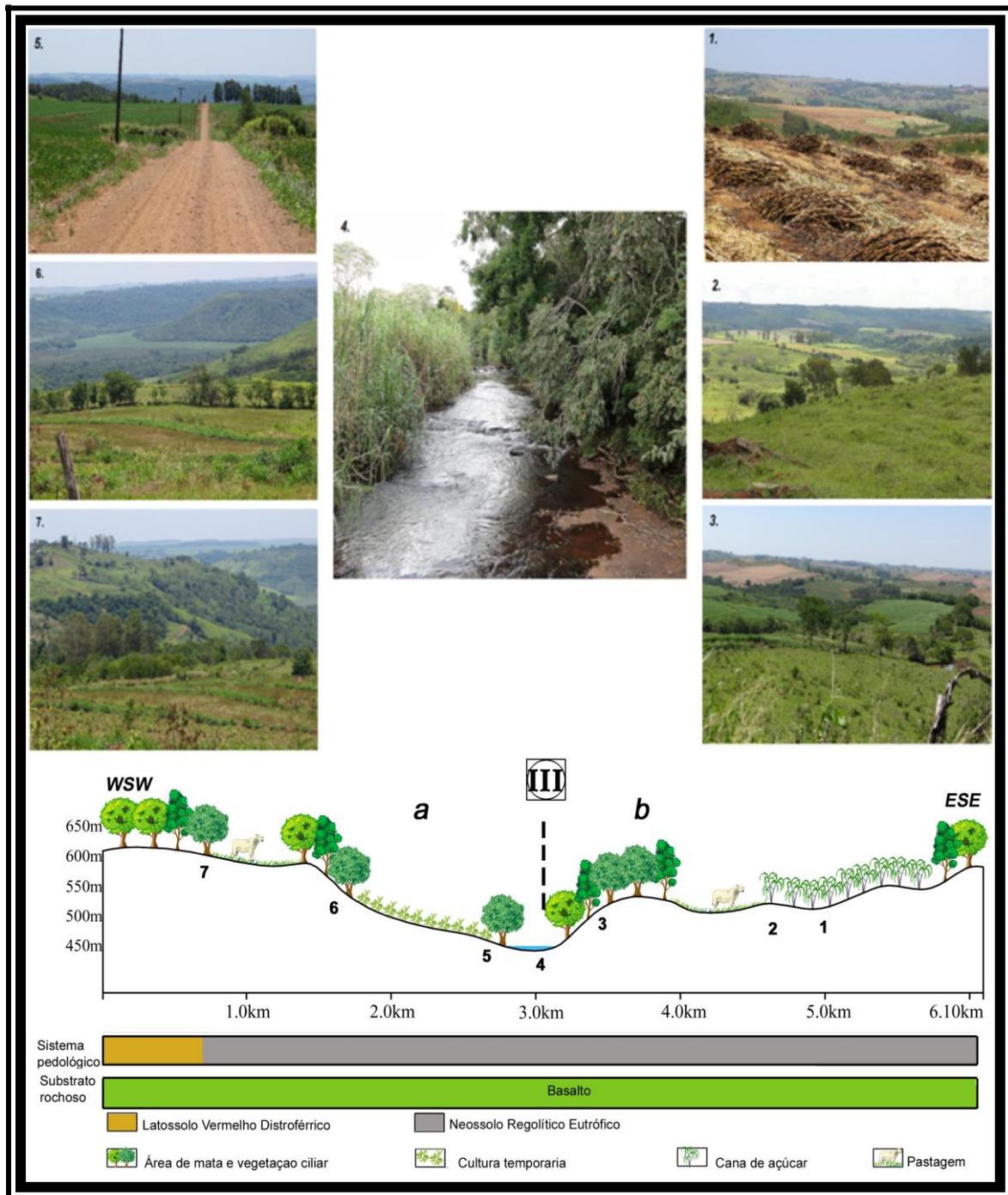


Figura 25 – Unidade III da bacia hidrográfica do ribeirão Alegre.

Fotos: 1. Plantação de cana de açúcar sobre Neossolo Regolítico; 2. Nível topográfico embutido da margem direita; 3. Nível topográfico embutido mais desenvolvido e ampliado (sobretudo na margem direita) rampas mais longas a partir da média e média baixa vertente da margem esquerda. Área de solos rasos – cultura de cana de açúcar. Ao fundo, vertente da margem esquerda tendo na base rampas inclinadas ocupadas por pastagens e/ou culturas; 4. Ribeirão Alegre – leito sobre rocha, com corredeiras e ressaltos; 5. Aspecto do topo em direção à ruptura de declividade; 6. Próximo à confluência com o rio Pirapó; 7. A ruptura de declividade e o fundo do vale onde as rampas inclinadas são mais longas e de declividades mais baixas.

## **6. MAPEAMENTO DA FRAGILIDADE AMBIENTAL NAS BACIAS HIDROGRÁFICAS**

A análise integrada dos elementos que compõem a paisagem evidenciou, como foi visto no item anterior, unidades de paisagem distintas, diferenciadas por suas estruturas geoecológicas, em cada uma das bacias hidrográficas. As variações na estrutura geoecológica implicam, por sua vez, em diferentes potencialidades e vulnerabilidades para as unidades de paisagem.

As cartas de fragilidade ambiental podem auxiliar no reconhecimento e escalonamento em graus desses potenciais, facilitando a sua leitura, compreensão e aplicação para um número maior de usuários. É necessário, entretanto, que a metodologia adotada para a classificação da fragilidade seja capaz de reproduzir as diferenças observadas na estrutura geoecológica e na dinâmica (processos) associada. Tendo em vista essa preocupação, elaborou-se a proposta metodológica para a classificação da fragilidade ambiental, apresentada a seguir.

### **6.1. Proposta metodológica preliminar para a determinação da fragilidade ambiental**

A adaptação realizada empregou como base a “Análise Empírica da Fragilidade” apresentada por Ross (1994, 1996).

Em seus estudos Ross (*op. cit.*) fundamenta a sua metodologia nos princípios da ecodinâmica de Tricart (1977), assumindo na operacionalização a declividade como elemento principal para a definição da fragilidade potencial, matizando os graus assim obtidos com as variações de tipos de solos. Na adaptação realizada, invertem-se esses papéis, considerando-se agora como elemento definidor da classe de fragilidade potencial o tipo de solo e as suas propriedades. Dessa forma, a declividade passou a ser o elemento que hierarquiza o grau de fragilidade dentro da classe. Para o escalonamento dos graus de fragilidade manteve-se a classificação proposta por Ross (1994) para os dois elementos (solos e declividade).

A inversão adotada se justifica, em primeiro lugar, porque o solo se constitui na síntese das interrelações entre os diversos elementos físicos e biológicos que compõem a paisagem num determinado espaço. Traz consigo, portanto, a influência da rocha, do clima, da vegetação, dos fluxos hídricos condicionados pela topografia (o relevo em um sentido mais amplo), dos organismos vivos vinculados a esse espaço, e do tempo da sua evolução, além dos efeitos e transformações produzidas pela ação do homem no seu processo de uso e ocupação. A evolução ao longo do tempo resulta em uma dada forma de organização do solo e de suas propriedades que vão condicionar, por sua vez, a estabilidade ou fragilidade frente às transformações do ambiente – naturais ou antrópicas.

A declividade, por outro lado, é um atributo vinculado às formas do relevo, cujo efeito também está refletido na organização e no tipo de solo.

Assim, considera-se que o solo corresponde a um nível de integração maior dos elementos constituintes do ambiente físico ao longo do tempo, enquanto que a declividade se traduz como um atributo da forma atual, que também interfere na dinâmica dos fluxos hídricos e movimentos de massa do solo ao longo das vertentes. Pode ser traduzido, desse modo, como um indicador de dinâmica e de possibilidades de transformação. Entretanto, considerando-se a natureza da cobertura pedológica e os seus atributos ao longo das vertentes, cada uma tende a reagir de forma diferenciada aos efeitos da declividade.

Há ainda que salientar, que a adoção do tipo de solo como elemento definidor da fragilidade tem suporte, também, nas características de erodibilidade já bem conhecidas para a maioria das classes.

Outra vantagem é a possibilidade de mapeamento com o emprego de cores e não apenas de números como acontece com a proposta original de Ross. A comunicação cartográfica da fragilidade é, dessa maneira, facilitada.

Como já foi referido anteriormente, foram aplicados os graus de fragilidade atribuídos por Ross (*op. cit.*) para os elementos solos e declividades. O Quadro 2 apresenta a classificação atribuída aos solos

presentes na área de pesquisa e o Quadro 3, a classificação para as declividades.

Quadro 2 – Grau de fragilidade das classes de solos.  
(Adaptado de ROSS, 1994).

<b>Classe</b>	<b>Solos</b>
1	Latossolo Vermelho Férrico, Latossolo Vermelho textura argilosa
2	Latossolo Vermelho textura média
3	Nitossolo Vermelho textura argilosa
4	Argissolo Vermelho textura arenosa/média, Argissolo Vermelho abrupto textura arenosa/média
5	Neossolos – Gleissolos

Quadro 3 – Grau de fragilidade das classes de declividade  
(Conforme ROSS, 1996).

<b>Classe</b>	<b>Declividade</b>
1	< 6%
2	6% a 12%
3	12% a 20%
4	20% a 30%
5	> 30%

Em seus estudos, Ross (1996) sistematizou uma hierarquia nominal de fragilidade representada por códigos: muito fraca (1), fraca (2), média (3), forte (4) e muito forte (5). Estas categorias expressam especialmente a fragilidade do ambiente.

Ainda conforme o autor, para a determinação dos limites das classes de declividade, foi considerado aqueles empregados nos estudos de capacidade uso/aptidão agrícola, associados com valores limites críticos conhecidos em geotécnica, indicativos do vigor dos processos erosivos e dos riscos de escorregamentos/deslizamentos e inundações frequentes.

Já para a variável solo, a determinação se baseia nas características de textura, estrutura, plasticidade, grau de coesão das partículas e profundidade/espessura dos horizontes superficiais e

subsuperficiais, todavia, também propõe classes de fragilidade ou de erodibilidade dos solos considerando o escoamento superficial difuso e concentrado das águas pluviais (ROSS, *op. cit.*).

A textura dos solos influencia a erodibilidade porque partículas granulométricas possuem uma reação diferencial com relação à resistência e a desagregação pela ação da chuva. É aceito que a resistência granulométrica dos solos cresce quando maior é o teor de argila e diminui quando maior é o teor de silte e de areia (ANEXO 2). Embora seja importante em estudos de erodibilidade a consideração da textura, as mesmas não podem ser consideradas isoladamente, pois embora, como exemplo, um maior teor de argila proporcione uma boa resistência física aos solos, por outro lado diminui a velocidade de infiltração de água causando escoamento superficial (SILVEIRA, NÓBREGA, BALDO, 2009).

Na proposta metodológica além da inversão adotada, que se constitui em uma primeira etapa de cartografia, propõe-se a adoção na forma de pesos, da escala de classificação apresentada por Ross (1994) para as declividades e para os solos.

A classificação da fragilidade potencial é obtida através da soma dos pesos desses elementos (solo x declividade) e da média aritmética resultante (Tabela 1), nas seguintes categorias: muito fraca, fraca, moderada, forte, muito forte, assumindo a mesma qualificação e justificativas apresentadas por Ross (*op. cit.*).

Tabela 1 – Classificação da Fragilidade Potencial.

<b>Tipo de solo</b>	<b>Classe de declividade</b>	<b>Soma</b>	<b>Média</b>	<b>Categoria</b>
1	1	2	1,0	Muito Fraca
1	2	3	1,5	Fraca
1	3	4	2,0	
1	4	5	2,5	Moderada
1	5	6	3,0	
2	1	3	1,5	Fraca
2	2	4	2,0	
2	3	5	2,5	Moderada
2	4	6	3,0	
2	5	7	3,5	Forte
3	1	4	2,0	Fraca
3	2	5	2,5	Moderada
3	3	6	3,0	
3	4	7	3,5	Forte
3	5	8	4,0	
4	1	5	2,5	Moderada
4	2	6	3,0	
4	3	7	3,5	
4	4	8	4,0	
4	5	9	4,5	Forte
5	1	6	3,0	Moderada
5	2	7	3,5	Forte
5	3	8	4,0	
5	4	9	4,5	Muito Forte
5	5	10	5,0	

Procedeu-se da mesma forma para a definição da Fragilidade Emergente, adaptando-se, contudo, os critérios tendo em vista a sua adoção, agora como pesos.

Na Fragilidade Emergente foi levada em consideração a atuação da ação antrópica sobre o meio natural. Nesse aspecto é dado destaque às condições de cobertura da superfície dos solos, avaliando o papel de proteção em função dos diferentes tipos de revestimento vegetal e uso.

A cobertura vegetal, segundo Neboit (1983), controla as forças de tração e de resistência do solo, regulando os seus efeitos. A partir do momento em que o homem modifica o revestimento vegetal, inserindo determinadas práticas agrícolas, acaba por influenciar no desenvolvimento da morfogênese, favorecendo o desencadeamento de processos erosivos

areolares, lineares e, ainda, movimentos em massa dos solos. Assim, para a classificação da fragilidade emergente, considerou-se a média obtida na etapa anterior, a determinação da fragilidade potencial, e somou-se a essa os pesos equivalentes às formas de uso. A adoção da soma ao invés da média, como na determinação da fragilidade potencial, justifica-se pelo papel transformador que as práticas e manejos da superfície desempenham no sistema, gerando condições para a instalação de processos e dinâmicas diferentes daquelas existentes no sistema original.

Considerando as informações sobre o papel que cada tipo de recobrimento pode produzir sobre a superfície, obtidas em Ross (1994) e outros autores (NAKASHIMA, 1999; FREIRE, 2013) que realizaram estudos dessa natureza na região, elaborou-se inicialmente uma classificação definindo pesos para as classes de uso (Quadro 4).

Quadro 4 – Classificação dos usos da terra.

<b>Usos da terra</b>	
Mata	0
Pastagem	+ 0,5
Culturas	+ 1,0

A representação gráfica das unidades de paisagem ainda representa um desafio aos mapeamentos temáticos. De acordo com Martinelli (1994), ultimamente o que se tem visto é uma cartografia que aborda os problemas ambientais por meio de uma representação exaustiva polissêmica, em vez de utilizar representações gráficas baseada nos fundamentos semiológicos de uma linguagem monossêmica apropriada.

Partindo desse pressuposto, optou-se pela variação do tom de cores que indicassem a intensidade dos fenômenos analisados. Essa ideia foi expressa através do uso de tons relativos a uma matriz de uma determinada cor. Foi usado o tom claro para representar a baixa intensidade dos fenômenos, um tom intermediário para representar a intensidade média e um tom forte para representar a alta intensidade dos fenômenos, utilizando as matizes presentes nas cores verde, amarelo e vermelho. As etapas de confecção dos mapas podem ser visualizadas na Figura 26.

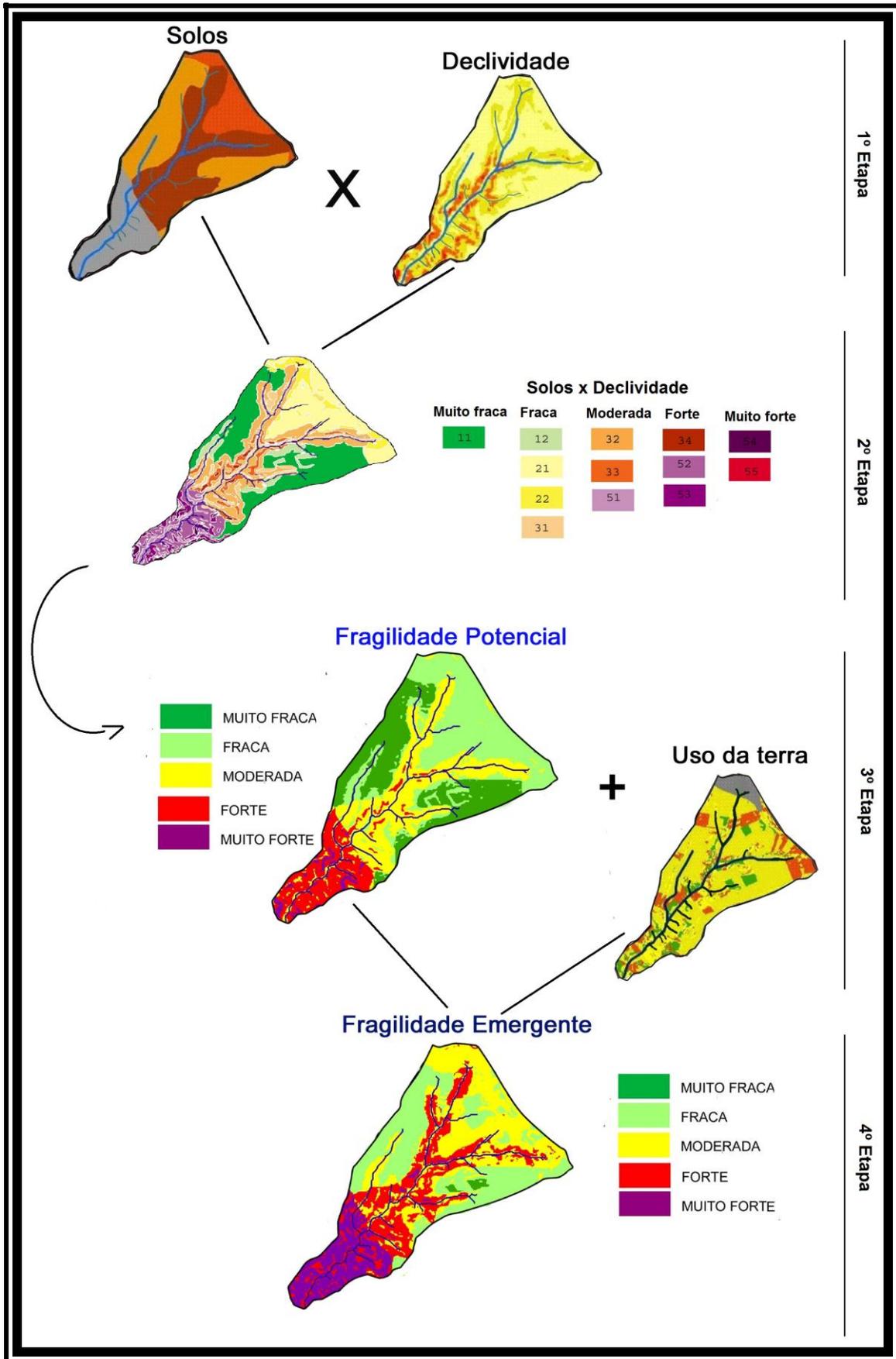


Figura 26 – Etapas da confecção dos mapas de fragilidade.

## **6.2. As cartas de fragilidade ambiental e as unidades de paisagem**

As cartas de fragilidade potencial obtidas para as bacias hidrográficas (Figuras 27 e 28) revelam que as unidades de paisagem estabelecidas pela análise integrada apresentam também, uma identidade em termos de fragilidade potencial. A Unidade I (Ia e Ib) da bacia do ribeirão do Sória apresentam uma estrutura geoecológica que lhes garante uma fragilidade potencial muito baixa (Ib) a baixa (Ia); na Unidade III a estrutura geoecológica gera uma fragilidade predominantemente forte; e a Unidade II exhibe também o seu caráter de transição, alternando fragilidade fraca e moderada, com predomínio dessa última, ao longo da sua área.

Na bacia do ribeirão Alegre, também se observa essa correlação, associando fragilidade fraca, predominantemente, à Unidade I; moderada à Unidade IIa e forte à IIb, e predominantemente forte na Unidade III (a, b).

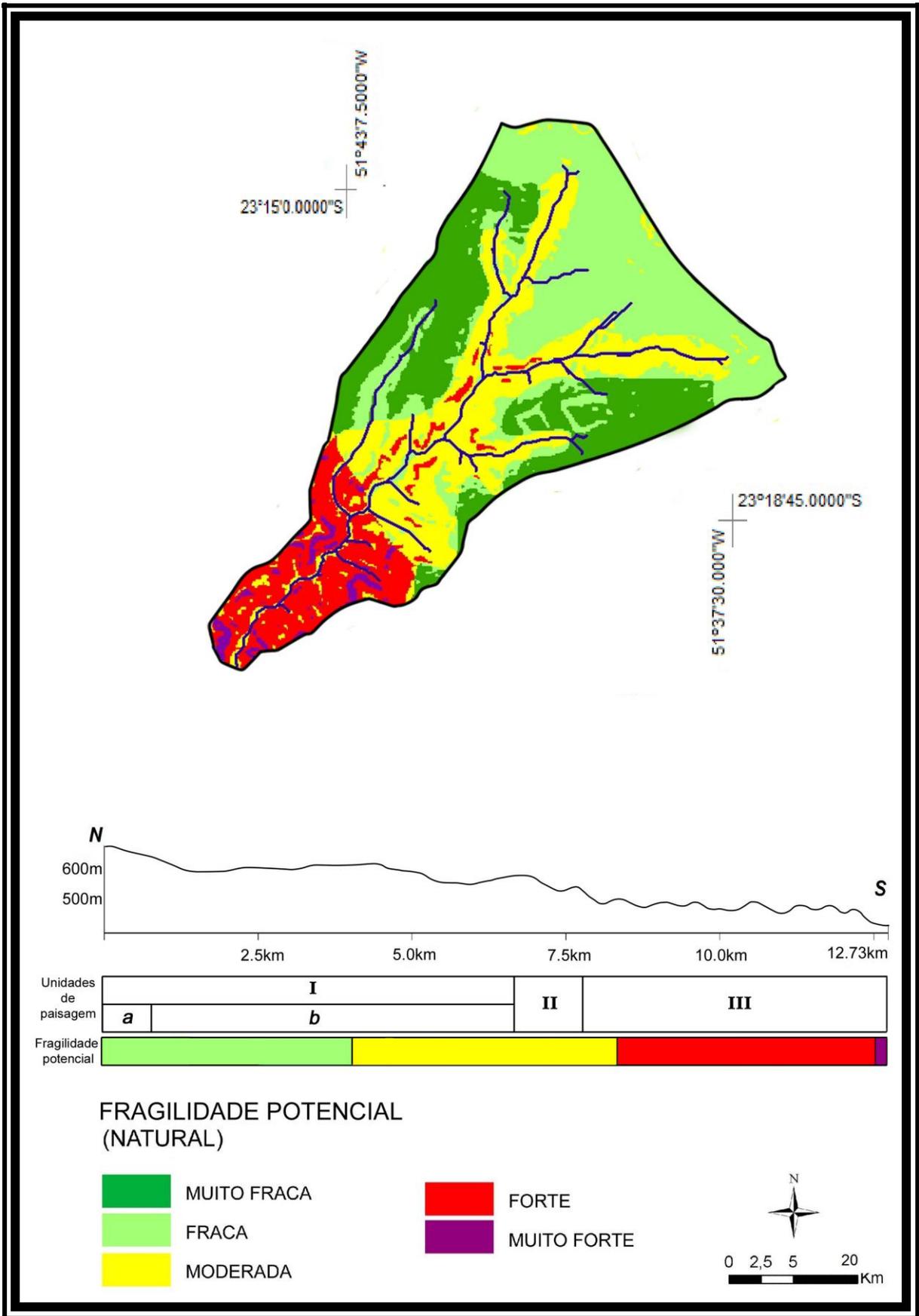


Figura 27 – Mapa de Fragilidade Potencial da bacia hidrográfica do ribeirão do Sória.

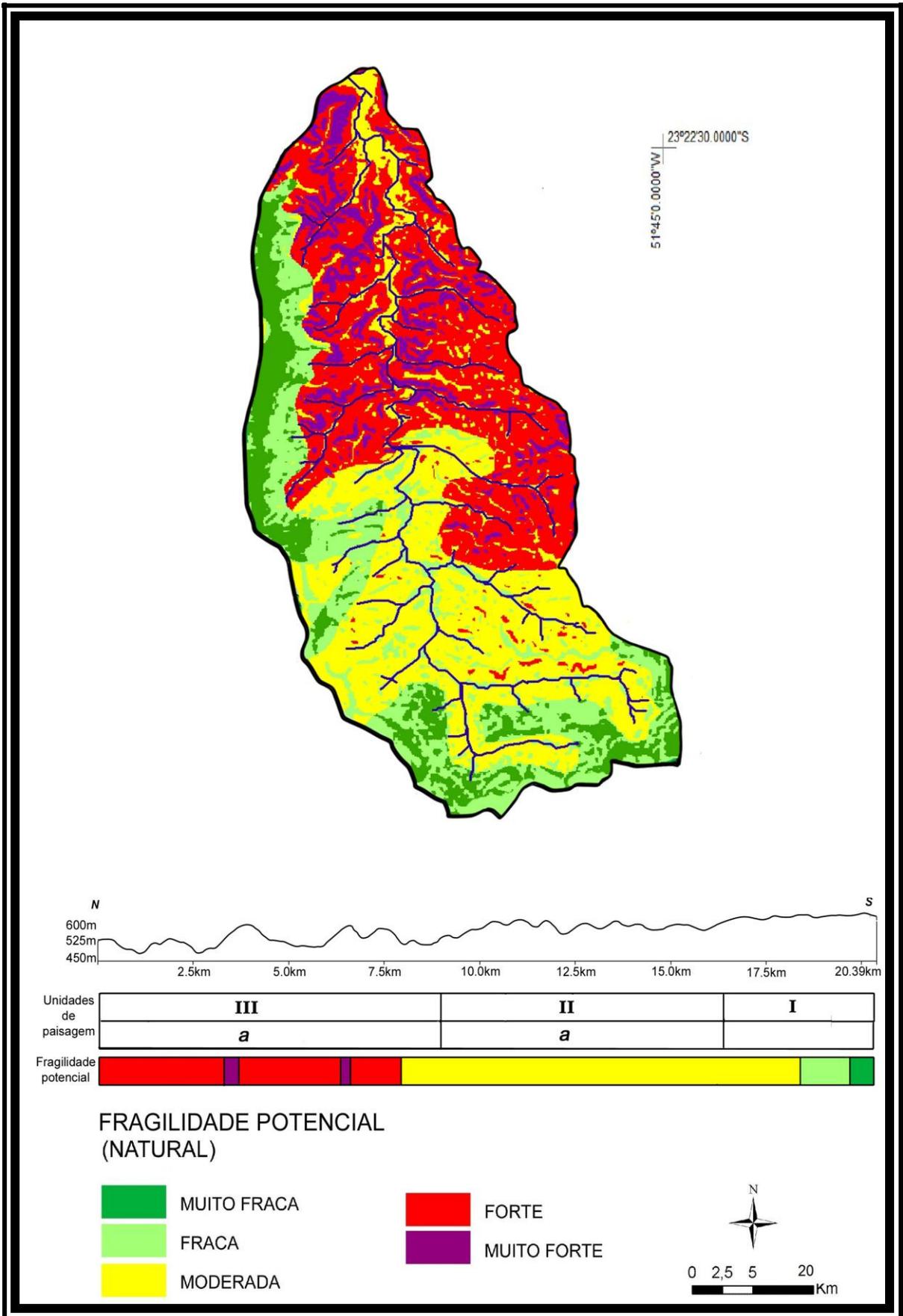


Figura 28 – Mapa de Fragilidade Potencial da bacia hidrográfica do ribeirão Alegre.

As cartas de fragilidade emergente (Figuras 29 e 30) mostram que nas bacias hidrográficas analisadas ocorre uma exacerbação do grau de fragilidade, sobretudo considerando-se a extensão da ocupação com culturas. Na bacia do ribeirão do Sória, o setor a montante, Unidade I, passa a exibir graus de fragilidade fraca (Ia) e moderada (Ia) predominantemente e, ao longo dos vales, ainda nessa unidade, o grau antes moderado passa a ser forte. Na Unidade Ia, a presença de pastagens nem sempre produz uma mudança de grau, principalmente nas áreas de declividades muito fracas. Na Unidade de paisagem II, há uma ampliação grande, em área, do grau de fragilidade forte e na Unidade III, passa a prevalecer a fragilidade muito forte, entremeada por áreas de fragilidade forte, estas geralmente associadas às manchas de vegetação arbórea (matas).

As mesmas transformações são observadas na bacia do Alegre, contudo, aqui as áreas de fragilidade forte e muito forte se ampliam, reduzindo drasticamente as áreas de fragilidade moderada e fraca e, extinguindo as áreas de fragilidade muito fraca.

As fotografias apresentadas nas Figuras 31 e 32 mostram os principais impactos gerados pelos tipos de usos. Esses processos aparecem nas áreas atualmente mapeadas como de fragilidade forte e muito forte.

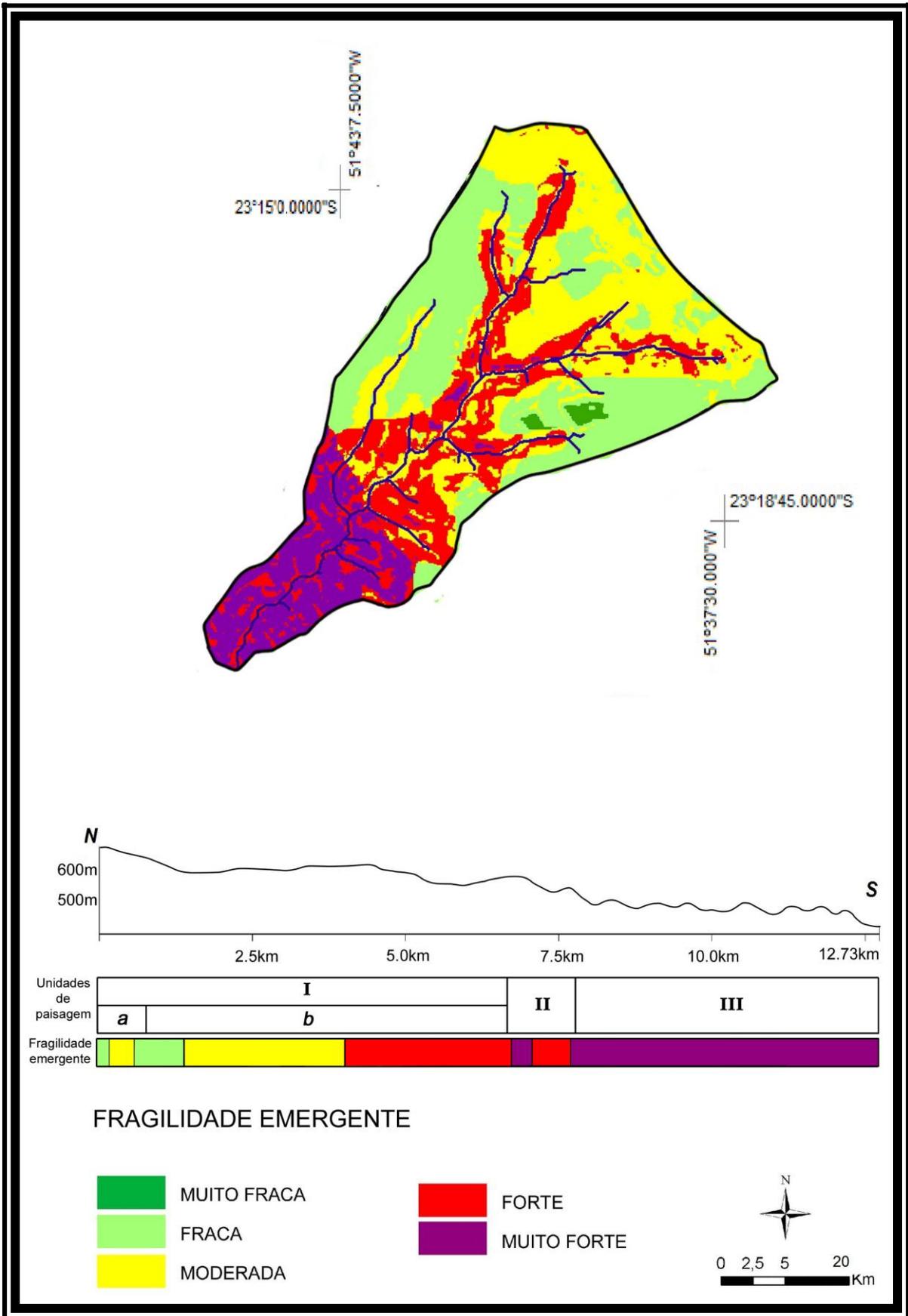


Figura 29 – Mapa de Fragilidade Emergente da bacia hidrográfica do ribeirão do Sória.

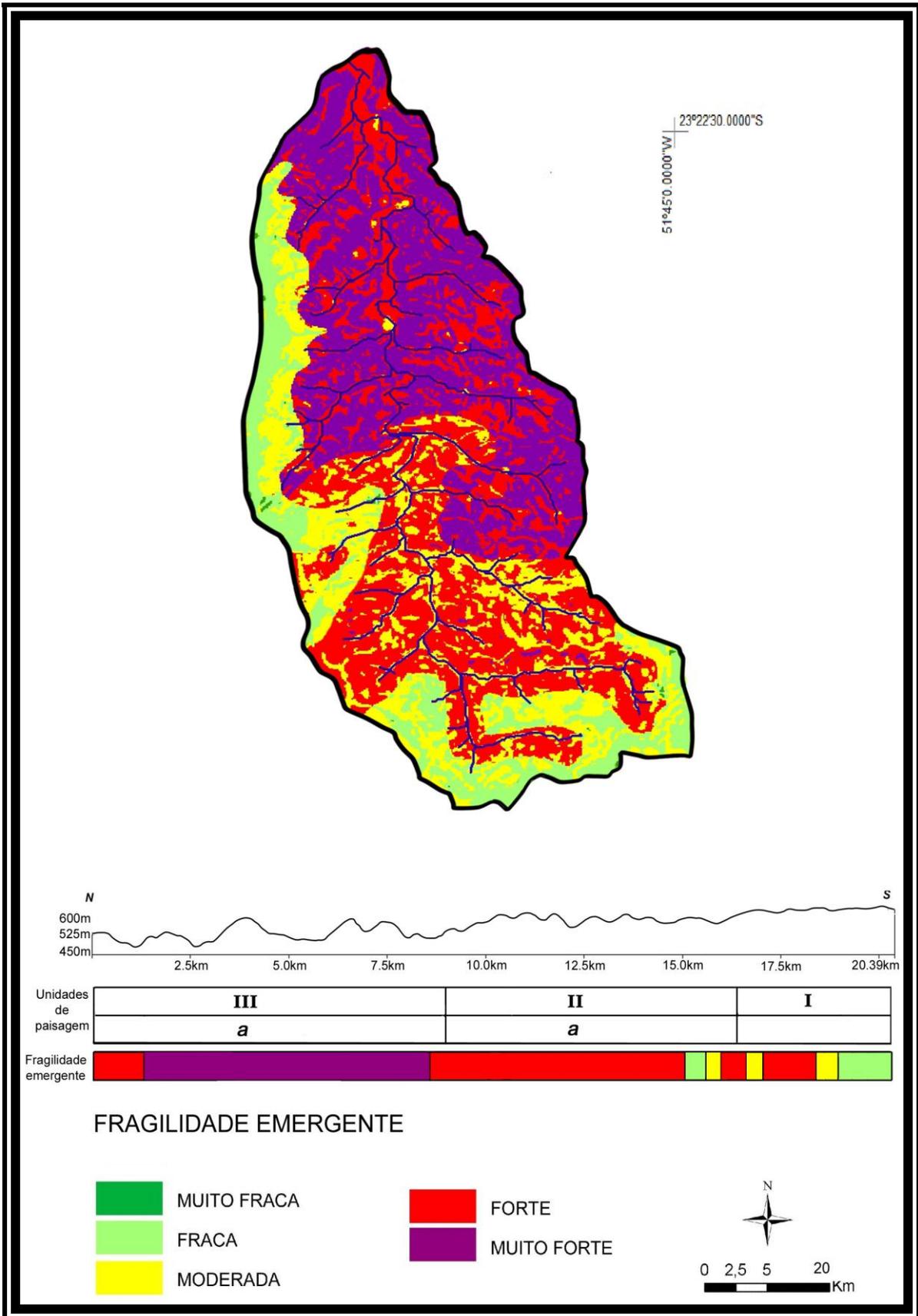


Figura 30 – Mapa de Fragilidade Emergente da bacia hidrográfica do ribeirão Alegre.



Tubulações abandonadas da área periurbana causam erosões sobre o arenito.



Vista panorâmica Unidade I. Área periurbana, ao fundo município de Astorga - PR.



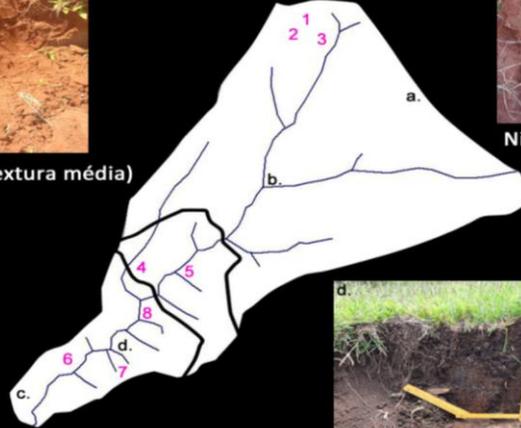
Erosões provocadas por arruamentos inacabados.



Latossolo Vermelho (textura média)



Nitossolo Vermelho.



Processos erosivos por declividade acentuada e pisoteio animal.



Formação de ravina em cultura temporária.



Neossolo Litólico.



Neossolo Regolítico.



Ruptura marcada por afloramento de blocos de rocha.



Vista panorâmica da Unidade III. Ao fundo, a paisagem apresenta fisionomia de mosaicos, com erosões e afloramentos de rocha.



Presença de ravinas em uso de pastagem.

Figura 31 - Registro fotográfico da bacia hidrográfica do ribeirão do Sória.



1 Rampas inclinadas ocupadas por pastagens.



2 Área de solo raso, marcado por afloramento de blocos de rocha, com sulcos e ravinas.



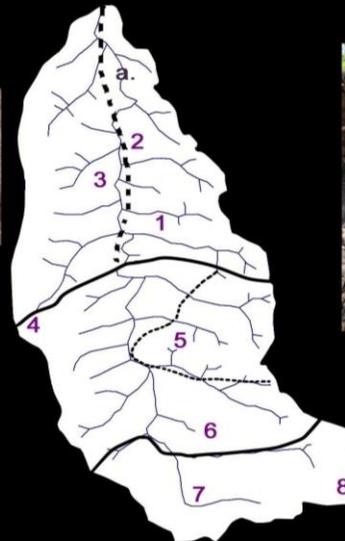
3 Processos erosivos generalizados.



4 Cana de açúcar sobre o Neossolo Regolítico.



Detalhe do solo.



Neossolo Regolítico.



5 Ravinas por pisoteio animal.



6 Paisagem em mosaico, com pastagem e culturas de soja e café.



7 A ruptura de declividade e o fundo do vale onde as rampas inclinadas são mais longas e de declividades mais baixas.



8 Rodovia de Mandaguari - PR.

Figura 32 - Registro fotográfico da bacia hidrográfica do ribeirão Alegre.

## 7. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A alta bacia do rio Pirapó apresenta diferenças significativas entre as bacias dos tributários da margem direita e aqueles da margem esquerda. As observações e análise integrada dos elementos que compõem a paisagem nas bacias dos ribeirões do Sória e do Alegre, cada uma representativa da sua margem, ressaltaram as diferenças e particularidades entre elas, tanto em termos de estrutura geoecológica quanto nas formas de uso da terra.

Se, por um lado, a análise morfométrica realizada nessas bacias não evidenciou diferenças entre elas, a análise integrada da paisagem, por outro, revelou não só variações significativas entre as duas bacias hidrográficas, mas também as diferenciações internas que cada uma apresenta. Os perfis geoecológicos contribuíram para mostrar as alterações horizontais e verticais da estrutura geoecológica ao longo das bacias e facilitar a compreensão das relações existentes entre os principais elementos: solos, relevo e uso da terra.

Como resultado da análise integrada constatou-se, em cada bacia, uma compartimentação que permitiu a identificação de diferentes unidades de paisagem, revelando que mesmo em bacias de pequena e média dimensão, a estrutura geoecológica varia resultando em comportamentos distintos entre elas. Essa variação de estrutura geoecológica se traduz em recursos e condições naturais que, por sua vez, facilitam ou criam obstáculos para determinadas formas de uso e exploração econômica. São aspectos importantes que definem as potencialidades e vulnerabilidades que devem ser retratadas no zoneamento ambiental.

A área estudada está inserida em uma região onde predomina a agricultura mecanizada de soja/milho/trigo. Entretanto, uma dissecação maior do relevo que gera vertentes com declividades superiores àquelas toleradas pela mecanização agrícola, associadas à ocorrência de solos rasos com blocos rochosos em superfície, induz a outras formas de uso da terra. Assim, trechos consideráveis das bacias hidrográficas dos tributários da margem esquerda do Pirapó no seu alto curso, se apresentam

recobertos por pastagens, entremeadas por culturas mecanizadas quando as condições locais de declividade e solos permitem.

Por outro lado, as bacias hidrográficas dos tributários da margem direita, exibem setores mais extensos de vertentes de fracas declividades, aptas à mecanização. Esses setores se estendem, muitas vezes, para além do médio curso. Os setores de maior dissecação são menores, confinados aos baixos cursos dos tributários, comprometendo em menor escala o uso agrícola nessas bacias. Entretanto, a presença dos arenitos nos setores mais altos, de cabeceiras, gera solos de textura média, portanto, naturalmente menos férteis e mais suscetíveis à erosão. As pastagens aparecem também concentradas nessas áreas, sendo, contudo, substituídas gradualmente pelos cultivos de cana de açúcar.

As cartas de fragilidade ambiental resultantes da aplicação da proposta metodológica desenvolvida neste estudo, por sua vez, mostraram uma identidade entre as unidades de paisagem estabelecidas pela análise integrada e a fragilidade determinada por esse método. O método proposto foi, portanto, capaz de reproduzir as diferenças observadas na estrutura geoecológica e na dinâmica (processos) associada.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ATTANASIO, M. R. A função social e ambiental da sociedade e o ordenamento do município. **Dissertação**. USP, São Carlos. 2008. 120p.

BARTH, F. T. **Modelos para gerenciamento de recursos hídricos**. Ed. ABRH. Porto Alegre. 1987. 518p.

BELTRAME, A. V. **Diagnóstico do meio físico de bacias hidrográficas: modelo e aplicação**. Florianópolis. Ed. Da UFSC, 1994. 112p.

BENATTI, J. H. **Ordenamento territorial e proteção ambiental: aspectos legais e constitucionais do Zoneamento Ecológico-Econômico**. 2003. Série Grandes Eventos – Meio Ambiente. Brasília: ESPMU. Disponível em: <[www3.esmpu.gov.br/linha-editorial/outras-publicacoes/serie-grandes-eventos-meio-ambiente/Jose\\_Heder\\_Benatti\\_Ordenamento\\_territorial\\_e\\_protecao.pdf](http://www3.esmpu.gov.br/linha-editorial/outras-publicacoes/serie-grandes-eventos-meio-ambiente/Jose_Heder_Benatti_Ordenamento_territorial_e_protecao.pdf)> Acesso em: Julho de 2012.

BERTRAND, G. Paisagem e geografia física global: esboço metodológico. **Caderno de Ciências da Terra**, São Paulo, v. 1, n. 13, p. 11-27, 1972.

BIGARELLA, J. J.; MAZUCHOWSKI, J. Z. **Visão integrada da problemática da erosão**. Curitiba, Associação de Defesa e Educação Ambiental e Associação Brasileira de Geologia de Engenharia, 1985, 329p.

BOLÓS, M. **Manual de Ciência del Paisaje**. Ed. Masson, Barcelona, 1992. 273p.

BOTELHO, R. G. M.; SILVA, A. S. Bacia hidrográfica e qualidade ambiental. In: **Reflexões sobre a Geografia física no Brasil**. 1 ed. Ed. Bertrand Brasil. Rio de Janeiro. 2004. 153-157p.

BOULET, R. et al. Analyse structurale et pédologie I. Prise en compte de l'organisation bidimensionnelle de couverture pédologique: les études de toposéquences et leurs principaux apports à la connaissance des sols. **Cahiers ORSTOM**, 1982a, v. 19, n. 4, p. 309-322.

\_\_\_\_\_; HUMBEL, F. X.; LUCAS, Y. Analyse structural et cartographie en pédologie II. Une méthode d'analyse pregnant en compte l'organisation tridimensionnelle des couvertures pédologiques. **Cahiers ORSTOM**, 1982b, v. 19, n. 4, p. 323-339.

\_\_\_\_\_. Analyse structural et cartographie en pédologie III. Passage de la phase analytique à une cartographie générale synthétique. **Cahiers ORSTOM**, 1982c, v. 19, n. 4, p. 341-351.

BRASIL. Lei 4.504/1964. Dispõe sobre o estatuto da terra, e dá outras providências. Disponível em <<http://legislacao.planalto.gov.br/legisla/legislacao.nsf/b110756561cd26fd03256ff500612662/53f2c51a58ff626c032569fa00727dd7?OpenDocument>>

Acesso em 10 de março de 2011.

\_\_\_\_\_. Decreto 55.891/1965. Regulamenta o cap. I do título I, e a seção III do cap. IV do título II da Lei 4.504/1964 – Estatuto da Terra. Disponível em: <<http://www2.camara.gov.br/legin/fed/decret/1960-1969/decreto-55891-31-marco-1965-396186-publicacaooriginal-43811-pe.html>> Acesso em 10 de março de 2011.

\_\_\_\_\_. Lei 6.938/1981. Dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente, seus fins e mecanismos de formulação e aplicação, e dá outras providências. Disponível em:

<[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/leis/l6938.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l6938.htm)> Acesso em 10 de março de 2011.

\_\_\_\_\_. Resolução 001/1986. Dispõe sobre as definições, as responsabilidades, os critérios básicos e as diretrizes gerais para uso e implementação da Avaliação de Impacto Ambiental como um dos instrumentos da Política Nacional de Meio Ambiente. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res86/res0186.html>> Acesso em: 10 de Março de 2011.

\_\_\_\_\_. Lei nº. 9.433/1997. Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos regulamenta o inciso XIX do art. 21 da Constituição Federal, e altera o art. 1º da Lei nº 8.001, de 13 de março de 1990, que modificou a Lei nº 7.990, de 28 de dezembro de 1989. Brasília, 1997. Disponível em: <[www.planalto.gov.br/CCIVIL/LEIS/L9433.htm](http://www.planalto.gov.br/CCIVIL/LEIS/L9433.htm)> Acesso em: 10 de Março de 2011.

\_\_\_\_\_. Decreto n. 4.297/2002. Regulamenta o art. 9º, inciso II, da Lei 6.938/1981, estabelecendo critério para o Zoneamento Ecológico-Econômico do Brasil – ZEE, e dá outras providências.

Disponível em:

< [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/decreto/2002/d4297.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/decreto/2002/d4297.htm)> Acesso em 10 de março de 2011.

CASTRO, I. E. O problema da escala. In: CASTRO, I. E.; GOMER, P. C. C.; CORRÊA, R. L. (Org.). **Geografia: conceitos e temas**. 5ªed. Ed. Bertrand Brasil. Rio de Janeiro, 2003.

CHRISTOFOLETTI, A. **Geomorfologia**. Ed.EDUSP. 1974. 149p.

\_\_\_\_\_. **Análise de sistemas em geografia**. Ed. Hucitec-USP. São Paulo, 1979. 106p.

\_\_\_\_\_. **Modelagem de sistemas ambientais**. Ed. Edgar Blücher Ltda. São Paulo, 1999. 236p.

CREPANI, E.; MEDEIROS, J.S.; AZEVEDO, L.G.; DUARTE, V.; HERNANDEZ, P.; FLORENZANO, T. **Curso de Sensoriamento Remoto Aplicado ao Zoneamento Ecológico-Econômico**. INPE. São José dos Campos, São Paulo, 1996. 103p.

CREPANI, E.; MEDEIROS, J. S.; FILHO, P. H.; FLORENZANO, T. G.; DUARTE, V.; BARBOSA, C. C. F. **Curso de Sensoriamento remoto e Geoprocessamento aplicados ao zoneamento ecológico-econômico e ao ordenamento territorial**. São José dos Campos: INPE, 2000. 124 p.

EMBRAPA (Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária). Manual de métodos de análise de solo. Rio de Janeiro. CNPS. 1997. 212 p.

FREIRE, R. Estudo do comportamento hidrológico superficial, erosão do solo e análise potencial de poluição difusa da bacia hidrográfica do ribeirão Maringá – PR. **Tese**. Departamento de Engenharia Química. Universidade Estadual de Maringá, Maringá – PR. 2013. 203p.

GUERRA, A. J. T. Encostas e a questão ambiental. In: **A questão ambiental – Diferentes abordagens**. Orgs. S. B. CUNHA, A. J. T. GUERRA. Ed. Bertrand Brasil. 1993. 248p.

HORTON, R. E. **Drainage basin characteristics**. Ed. Trans. American Geophysical Union. 1932.

IBGE, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Manual técnico da vegetação brasileira**. Rio de Janeiro, 1992. 92p.

KÖPPEN, W. **Climatología: con un estudio de los climas de la tierra**. Fondo de Cultura Económica. México. 1948. 479p.

LACOSTE, Y. **A geografia – isso serve, em primeiro lugar, para fazer a guerra**. 8ed. Trad. Maria Cecília França. Ed. Papirus. São Paulo, 2004. 263p.

LANNA, A. E. L. **Gerenciamento de bacias hidrográficas: aspectos conceituais e metodológicos**. Ed. Ibama. Brasília, 1995. 154p.

\_\_\_\_\_. **Sistema de Apoio ao Gerenciamento de Bacias Hidrográficas**. Ed. IPH – UFRGS. Porto Alegre. 1997. 55p.

LEFF, E. **Epistemologia Ambiental**. Ed. Cortez. São Paulo, 2001. 240p.

LEMO, R. C.; SANTOS, R. D. **Manual de descrição e coleta do solo no campo**. SBCS. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. Campinas. 3.<sup>o</sup> ed. 1996. 83 p.

LIMA, A. Gestão territorial como função socioambiental do Estado brasileiro e o zoneamento ecológico-econômico. **Dissertação**. Universidade de Brasília. Brasília, 2004. 251p.

MAACK, R. **Geografia Física do Estado do Paraná**. Curitiba: BADEP: UFPR, 1968.

MACHADO, P. A. L. **Direito Ambiental Brasileiro**. 11 ed. Ed. Malheiros. São Paulo, 2004. 1064p.

MACHADO, P. J. O; TORRES, F. T. P. **Introdução à hidrogeografia**. São Paulo: Cengage Learning, 2012. 117p.

MARTINELLI, M. Cartografia ambiental: uma cartografia diferente? **Revista do Departamento de Geografia** (São Paulo). Universidade de São Paulo: São Paulo, n.7, p. 61-80, 1994.

\_\_\_\_\_. A cartografia de síntese na geografia física. In: XI Simpósio Brasileiro de Geografia Física Aplicada, 2005. São Paulo. **Anais...** São Paulo: Departamento de Geografia, FFLCH-USP, 2005.

MARTINEZ, M. Aplicação de parâmetros morfométricos de drenagem na bacia do rio Pirapó: o perfil longitudinal. **Dissertação**. Departamento de Geografia. Universidade Estadual de Maringá. Maringá, 2005. 96p.

MELFI, A.J.; PICCIRILLO, E.M.; NARDY, J.R. Geological and magmatic aspects of the Parana Basin – Introduction. In: MELFI, A.J.; PICCIRILLO, E.M. (Editors). **The Mesozoic flood volcanism of the Parana Basin**. São Paulo. USP-IAG, p.1-13, 1988.

MILARÉ, E. **Direito do ambiente**. 4<sup>o</sup> ed. Ed. Revista dos Tribunais. São Paulo. 2005. 131p.

MILLIKAN, B. **Zoneamento econômico-ecológico e políticas públicas no estado de Rondônia: oportunidades, limites e desafios para o desenvolvimento sustentável**. Porto Velho. Projeto BRA/94/007, Cooperação Técnica do PNUD ao PLANAFLORO, 1998.

MINEROPAR. Minerais do Paraná. Mapa **Geológico do Estado do Paraná**. Curitiba, MINEROPAR, mapa geológico, escala 1:650.000. 2006.

MONBEIG, P. **O Brasil**. Ed. Saber Atual. São Paulo, 1971. 134p.

MONTEIRO, C. A. F. **Teoria e Clima Urbano**. São Paulo: Universidade de São Paulo/ Instituto de Geografia, 1976. 181p.

\_\_\_\_\_. **Geossistemas**. A estória de uma procura. Florianópolis, 2001. 86p.

MORAES, A. C. R. **Meio ambiente e ciências humanas**. 4<sup>o</sup>ed. Ed. Annablume. São Paulo, 2005. 161p.

NAKASHIMA, M. R. Análise dos processos erosivos e da fragilidade ambiental na bacia do Keller – PR. **Tese**. Departamento de Geografia - USP. São Paulo, 1999.

NAPOLEÃO, R. P. Zoneamento ambiental como subsídio à gestão dos recursos hídricos na bacia hidrográfica do Rio Capivari/SP. **Dissertação**. UNESP. Rio Claro, 2003. 194p.

NEBOIT, R. **L’homme et l’erosion**. Association des publications de la faculté des lettres et sciences humaines de Clermont-ferrand. France, 1983. 183p.

PAREDES, E. A. Análise Morfométrica da Bacia Hidrográfica do Rio Pirapó, através de fotografias aéreas verticais. **Pesquisa básica** – Resolução nº 80/80 – Conselho de Ensino e Pesquisa da UEM. DEC/CTC, Universidade Estadual de Maringá. Maringá, 1980.

PICCIRILLO, E. M. et al. Petrochemistry of continental flood basalt-rhyolite suites and related intrusives from the Parana Basin (Brazil). In: MELFI, A.J.; PICCIRILLO, E.M. (Editors). **The Mesozoic flood volcanism of the Parana Basin**. São Paulo. USP-IAG, 1988. p.107-156.

PROCHNOW, M. C. R. Análise ambiental da sub-bacia do rio Piracicaba: subsídios ao seu planejamento e manejo. **Tese**. UNESP. Rio Claro, 1990.

RICHARD, J. F. **Le paysage un nouveau langage pour l'étude des milieux tropicaux**. Paris, ORSTOM, 1989, 210p.

RODERJAN, C. V.; GALVÃO, F.; KUNIYOSHI, Y. S.; HATSCHBACH, G. G. As unidades fitogeográficas do Estado do Paraná, Brasil. **Revista Ciência e Ambiente – Fitogeografia da América**. Santa Maria -RS, UFMS. Nº 24, v.1, 2002. p.75-92.

ROSS, J. L. S. **Geomorfologia, ambiente e planejamento**. São Paulo. Ed. Contexto, 1990. 85p.

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

\_\_\_\_\_ Geomorfologia aplicada aos EIAs-RIMAS. In: Guerra, A. J. T., CUNHA, S. B. **Geomorfologia e meio ambiente**. Ed. Bertrand Brasil. Rio de Janeiro. 1996. p. 291-336.

\_\_\_\_\_ Geomorfologia: ambiente e planejamento. 5ed. Ed. Contexto. São Paulo. 2000. 85 p.

\_\_\_\_\_ **Ecogeografia do Brasil: subsídios para o planejamento ambiental**. São Paulo. Ed. Oficina de Textos, 2006. 208p.

SANTOS, R. F. **Planejamento ambiental: teoria e prática**. São Paulo. Ed. Oficina de Textos, 2004. 184p.

SANTOS, M. R. R. Critérios para análise do zoneamento ambiental como instrumento de planejamento e ordenamento territorial. **Dissertação**. Universidade de São Paulo. São Carlos, 2010. 144p.

SCHUBART, H. O. R. **O zoneamento ecológico-econômico e a gestão dos recursos hídricos: O programa zoneamento ecológico-econômico**. Secretaria de Políticas para o Desenvolvimento Sustentável. Ministério do Meio Ambiente. 2003.

SILVA, J. V; SANTOS, R. F. Zoneamento para o planejamento ambiental: vantagens e restrições de métodos e técnicas. **Revista Caderno de Ciências e Tecnologia**. Brasília, v. 21, n. 2, p. 221-263. 2004.

SILVA, C. A. Análise sistêmica, planejamento ambiental e zoneamento ambiental, reflexões e aplicabilidade no turismo. In: **Anais...** XIII Simpósio Brasileiro de Geografia Física Aplicada, 2009, Viçosa, 19p.

SILVEIRA, H; NÓBREGA, M. T; BALDO, M. C. A estabilidade de agregados em Latossolos e Argissolos derivados do arenito Caiuá na região noroeste do estado do Paraná-Brasil. In: **Synergismus scyentifica UTFPR**. Pato Branco, 2009.

SOUZA, M. P. **Instrumentos de gestão ambiental: fundamentos e prática**. Ed. Riani Costa. São Carlos, 2000. 112p.

SPÖRL, C. Análise da fragilidade ambiental relevo-solo com aplicação de três modelos alternativos nas altas bacias do rio Jaguari-mirim, ribeirão do Quartel e ribeirão da Prata. **Dissertação**. Departamento de Geografia – USP. São Paulo, 2001. 165p.

STRAHLER, A. N. **Quantitative geomorphology of dreinage basins and channel networks**. In: Chow, ven te - Handbook of Applied Hidrology. New York, McGraw-Hill Book, 1964.

TRICART, J. **Ecodinâmica**. Rio de Janeiro: IBGE, Supren, 1977. 97p.

YASSUDA, E. R. **O gerenciamento de bacias hidrográficas**. Ed. FUNDAP. São Paulo, 1989.

YOSHIZANE, H. P. **Bacias hidrográficas**. Campinas: CESET, 2005. Disponível em: <[www.ceset.unicamp.br/~hiroshiy/Gerais/BACIA%20HIDROGRAFICA%202.ppt#1](http://www.ceset.unicamp.br/~hiroshiy/Gerais/BACIA%20HIDROGRAFICA%202.ppt#1)>. Acesso em: 10 de março de 2011.

ZACHARIAS, A. A. **A representação gráfica das unidades de paisagem no zoneamento ambiental**. Ed. UNESP. São Paulo, 2010. 211p.

## ANEXOS

## ANEXO 1 - CLIMA

### ANO PADRÃO

Ano	Coeficiente de Variação mensal												Coeficiente de Variação Anual
	Janeiro	Fevereiro	Março	Abril	Mai	Junho	Julho	Agosto	Setembro	Outubro	Novembro	Dezembro	
1980	45,99	116,49	73,18	72,71	22,95	-8,68	-8,85	84,18	53,32	1,14	10,84	21,64	40,41
1981	-16,75	-6,68	-30,97	66,76	-95,13	90,26	-51,99	-71,09	-86,09	91,82	-2,36	112,54	0,03
1982	-46,11	-20,45	-8,37	-65,79	-56,52	199,97	116,63	-10,94	-58,04	35,99	119,92	96,39	25,22
1983	8,97	-41,68	114,42	31,81	127,81	202,51	-71,14	-100,00	115,92	-10,75	-33,28	-42,65	25,16
1984	-34,53	-11,93	50,97	42,78	-68,87	-92,81	-78,12	48,05	41,65	-74,60	-25,16	50,84	-12,64
1985	-50,58	9,30	4,08	95,77	-5,57	-70,19	-50,48	-93,75	-78,01	-54,76	-17,18	-63,25	-31,22
1986	-29,51	53,62	22,04	-31,96	37,30	-78,23	-54,12	241,02	-9,95	-51,09	-21,24	28,79	8,89
1987	-36,99	60,04	-51,09	27,16	107,99	105,48	39,16	-70,31	-11,90	23,49	93,53	-43,84	20,23
1988	-47,38	-45,94	-10,38	46,13	96,42	-54,76	-100,00	-100,00	-66,94	31,44	-89,58	3,68	-28,11
1989	70,84	-26,75	-31,04	-16,15	-70,70	50,20	24,88	183,59	5,90	-38,66	-15,69	32,88	14,11
1990	62,04	-88,45	14,44	46,50	26,25	-26,01	122,25	121,48	44,19	-30,31	32,63	-46,79	23,19
1991	22,46	-41,09	25,27	-32,79	-91,13	71,86	-65,67	-84,38	-51,61	-55,24	-3,51	31,32	-22,87
1992	-94,62	-14,50	76,47	72,06	185,38	-50,53	-56,55	-44,14	69,85	-29,09	39,93	-59,52	7,89
1993	0,35	67,97	-42,81	5,78	-25,74	-17,24	-11,74	-75,00	72,61	13,44	-57,17	13,62	-4,66
1994	41,84	-7,44	-57,88	-10,48	-6,35	84,76	-16,45	-100,00	-79,58	11,67	-59,40	-30,43	-19,15
1995	33,82	-22,84	-4,20	12,01	-74,00	-36,90	51,46	-62,50	58,55	52,97	-35,38	7,15	-1,65
1996	-6,40	-19,92	-5,00	-13,92	-54,79	-42,23	-78,88	-52,73	-29,92	51,27	39,66	41,83	-14,25
1997	43,80	52,69	-60,44	-75,27	-23,66	267,72	-85,87	-29,49	-31,94	-1,37	57,66	-0,15	9,47
1998	-79,80	9,65	117,51	202,94	-4,18	-76,22	-5,81	158,40	203,19	43,05	-62,92	-26,19	39,97
1999	22,74	-26,46	-29,29	-19,22	28,86	24,09	49,79	-100,00	-36,43	2,30	-59,20	23,56	-9,94
2000	-44,60	44,35	-50,48	-61,89	-57,74	-15,44	17,73	142,19	35,14	-53,61	5,83	-18,78	-4,78
2001	-50,21	46,74	-1,10	-46,55	28,86	-12,48	-53,21	73,44	-23,34	-47,63	-35,92	18,33	-8,59

ANEXO 1 – CLIMA

II

2002	-23,17	-49,32	-42,61	-89,50	142,86	-100,00	-4,60	14,84	-17,21	-81,73	34,66	-68,84	-23,72
2003	84,11	-3,59	-23,91	-22,29	-58,70	-49,79	16,98	35,74	-26,86	-40,43	-33,55	-0,82	-10,26
2004	-68,45	-21,50	8,05	-36,98	161,20	-3,50	97,64	-100,00	-63,65	120,15	-15,62	-40,06	3,11
2005	170,55	-100,00	-1,77	-53,52	-19,31	-41,66	-54,12	-80,86	18,47	76,74	-15,28	-40,83	-11,80
2006	-52,26	17,23	9,87	-24,52	-89,22	-69,66	-44,70	-65,63	37,91	-54,63	-13,32	80,96	-22,33
2007	54,15	38,46	-23,10	-49,80	-32,00	-90,80	202,16	-76,17	-95,51	-48,72	67,81	-18,68	-6,02
2008	-8,04	-18,70	-15,90	12,38	-32,18	-45,99	-76,15	191,60	-39,79	-45,93	20,51	-82,14	-11,69
2009	18,54	70,24	-50,08	-96,00	-47,92	1,26	300,00	68,55	54,81	132,17	101,78	2,75	46,34
2010	9,20	-19,52	24,13	11,83	-52,18	-76,85	-70,22	-46,09	-4,72	30,89	-29,02	16,67	-17,16

Ocorrência no Período %	Classificação
18	Ano Normal (-15 a 15%)
4	Tendente a Seco (-15,1 a -30,0%)
1	Ano Seco (> -30,1%)
6	Tendente a Chuvoso (15,1 a 30,0%)
1	Ano Chuvoso (> 30,1%)

## ANEXO 2 – CLASSIFICAÇÃO MORFOPEDOLÓGICA

Granulometria (%)								
Solo	Horizonte	Profundidade (cm)	Argila	Silte Total	Areia Total	Areia Grossa	Argila dispersa %	Grau de flocculação
<u>Latossolo Vermelho</u> (textura média)	AP	0-32	13,63	3,98	82,40	13,33	2,83	99,79
	BW <sup>1</sup>	52-100	18,70	3,90	77,40	48,24	4,57	99,76
	BW	100-160	18,42	3,91	77,66	53,94	3,86	99,79

### Horizonte: AP 0-32cm

Textura: Areia franca.

Estrutura: Fraca, muito pequena, granular, passando a grãos simples.

Consistência: Macia, muito friável, não plástico, não pegajoso.

Transição: Plana gradual, grande número de raízes finas.

Porosidade: Origem biológica, pequenos canais.

### Horizonte: AB 32-52cm

Textura: Franco arenoso.

Estrutura: Fraca a moderada, pequena a média, blocos subangulares.

Consistência: Macia, friável, ligeiramente plástico, ligeiramente pegajoso.

Transição: Plana difusa.

### Horizonte: Bw1 52-100+cm

Textura: Areia franca.

Estrutura: Fraca a moderada, média, blocos subangulares e alguns angulares, se desfaz em grãos.

Consistência: Macia, muito friável, ligeiramente plástico, ligeiramente pegajoso.



Figura 33 – Latossolo Vermelho (textura média).

<i>Granulometria (%)</i>								
<b>Solo</b>	<b>Horizonte</b>	<b>Profundidade (cm)</b>	<b>Argila</b>	<b>Silte Total</b>	<b>Areia Total</b>	<b>Areia Grossa</b>	<b>Argila dispersa %</b>	<b>Grau de flocculação</b>
<u>Latossolo Vermelho</u> (textura argilosa)	-	40-60	4,67	25,39	9,94	1,69	14,96	99,77
		100-120	63,12	26,82	10,06	7,86	0,12	100,00
		140-160	65,93	25,45	8,63	0,11	0,1	100,00

Nas áreas recobertas pelo Latossolo Vermelho Distroférico (segundo o mapa da EMBRAPA, 2008) não foram encontrados cortes que pudessem ser utilizados para a descrição e coleta de amostras. As amostras aqui analisadas foram obtidas através de sondagem a trado.

<b>Granulometria (%)</b>								
<b>Solo</b>	<b>Horizonte</b>	<b>Profundidade (cm)</b>	<b>Argila</b>	<b>Silte Total</b>	<b>Areia Total</b>	<b>Areia Grossa</b>	<b>Argila dispersa %</b>	<b>Grau de flocculação</b>
<u>Nitossolo Vermelho</u>	A	0-20	0,25	17,66	52,09	43,19	9,06	99,70
	AB	29-68	7,45	14,73	47,82	37,38	11	99,71
	Bnítico	168-97	9,95	9,36	40,69	34,67	13,2	99,74
		97-100+	7,30	10,17	42,53	34,21	0,25	99,99

**Horizonte: AP 0-20cm**

Textura: Argilosa.

Estrutura: Moderada a forte, médio, granular passando a subangular.

Cerosidade: Moderada/comum.

Consistência: Ligeiramente duro, firme, plástico e pegajoso.

Transição: Plana e gradual. Presença de raízes finas e médias.

Porosidade: Origem biológica.

**Horizonte: AB 29-68cm**

Textura: Argilosa.

Estrutura: Moderada a forte, média, blocos poliédricos angulares e subangulares.

Cerosidade: Pouca, fraca.

Consistência: Ligeiramente duro, firme, plástico e pegajoso.

Transição: Plana Gradual, presença de raízes finas.

Porosidade: Origem biológica.

**Horizonte: Bnítico168-97cm**

Textura: Argilosa.

Estrutura: Moderada a forte, média, blocos angulares a subangulares.

Cerosidade: Abundante, forte.

Consistência: Ligeiramente duro, firme. Plástico e pegajoso.

Transição: Plana difusa, presença de raízes finas.

Porosidade: Origem biológica.

**Horizonte: Bnítico2 97-100+cm**

Textura: Argilosa.

Estrutura: Forte, média a grande, blocos angulares e subangulares.

Cerosidade: Abundante, forte.

Consistência: Ligeiramente dura a dura, firme. Plástico e pegajoso.



Figura 34 – Nitossolo Vermelho.

<i>Granulometria (%)</i>								
<b>Solo</b>	<b>Horizonte</b>	<b>Profundidade (cm)</b>	<b>Argila</b>	<b>Silte Total</b>	<b>Areia Total</b>	<b>Areia Grossa</b>	<b>Argila dispersa %</b>	<b>Grau de flocculação</b>
<u>Neossolo Regolítico</u>	A	0-35	0,43	44,45	15,13	5,21	12,22	99,70
	AC	35-55	6,48	42,53	20,99	15,92	10,99	99,70
	C	55-89	5,80	40,78	3,42	2,42	18,29	99,67

**Horizonte: A 0-35cm**

Textura: Argilosa.

Estrutura: Moderada pequena granular.

Consistência: Macia, muito friável, plástica e pegajosa.

Transição: Plana gradual, presença de raízes finas fasciculadas.

Porosidade: Origem biológica.

**Horizonte: AC 35-55cm**

Textura: Argilosa.

Estrutura: Moderada, pequena a média granular.

Consistência: Ligeiramente dura, friável, plástica e pegajosa.

Transição: Plana clara. Presença de raízes finas, presença de fragmentos de rochas intercaladas ao solo.

Porosidade: Origem biológica.

**Horizonte: C 55-89cm**

Textura: Argilosa.

Estrutura: Moderada, pequena a média, granular passando a subangular.

Grande presença de rochas semi intemperizada no solo.

Consistência: Ligeiramente dura firme, plástica e pegajosa.

Transição: Plana abrupta, presença de raízes finas.

**Horizonte: Cr 89cm+**

Rocha semi intemperizada.

Cor acinzentada.



Figura 35 – Neossolo Litólico.

**Horizonte: A 0-40cm**

Textura: Argilosa.

Estrutura: Moderada média granular.

Consistência: Macia muito friável, plástico e pegajoso.

Transição: Clara abrupta.

