



UNIVERSIDADE ESTADUAL DE MARINGÁ  
CENTRO DE CIÊNCIAS HUMANAS, LETRAS E ARTES  
DEPARTAMENTO DE GEOGRAFIA

BRUNO AURÉLIO CAMOLEZI

**ZONEAMENTO GEOAMBIENTAL DA BACIA HIDROGRÁFICA DO  
RIBEIRÃO SANTO INÁCIO, ESTADO DO PARANÁ, BRASIL**

Maringá – PR

2010

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE MARINGÁ  
CENTRO DE CIÊNCIAS HUMANAS, LETRAS E ARTES  
DEPARTAMENTO DE GEOGRAFIA

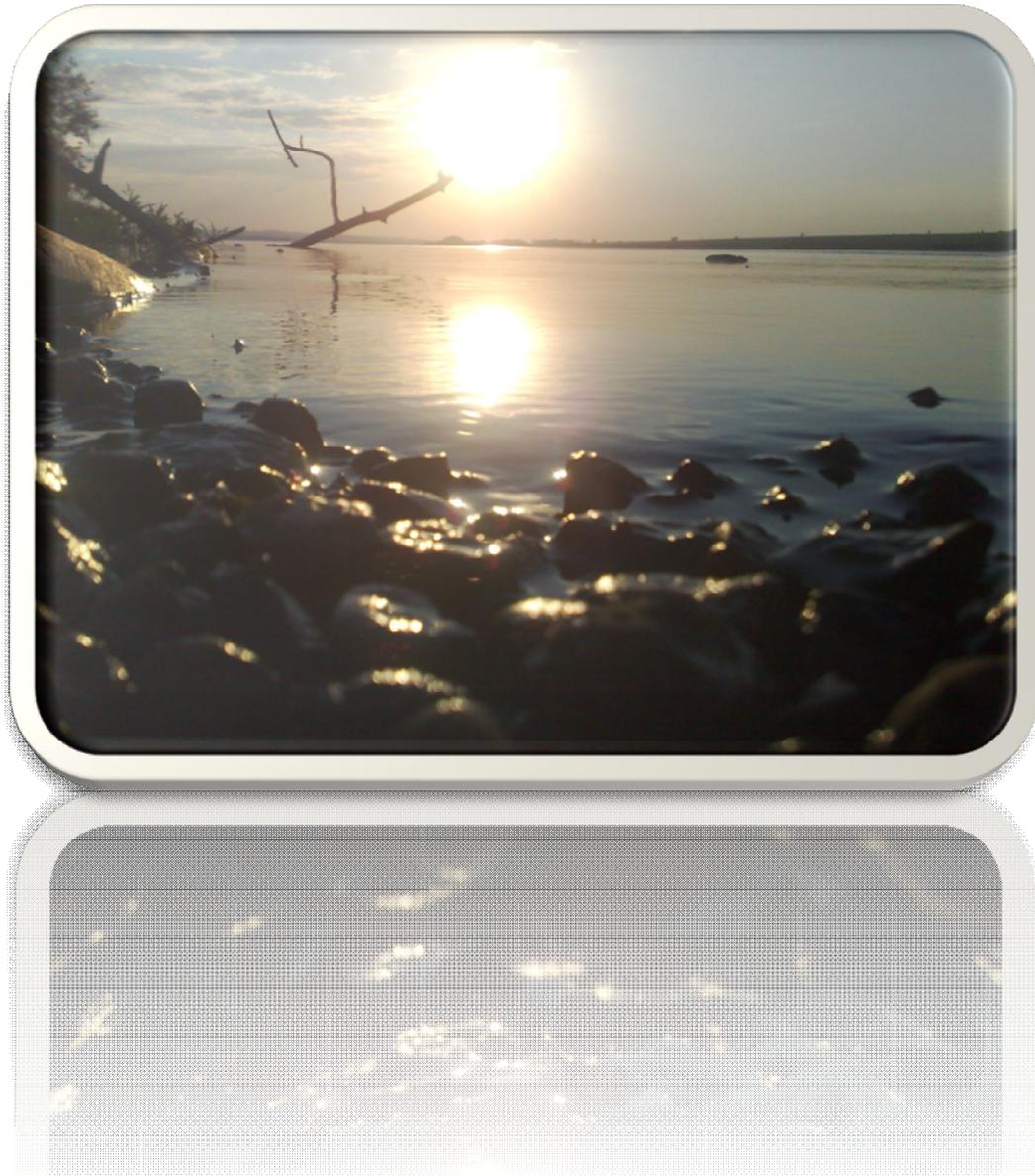
BRUNO AURÉLIO CAMOLEZI

**ZONEAMENTO GEOAMBIENTAL DA BACIA HIDROGRÁFICA DO  
RIBEIRÃO SANTO INÁCIO, ESTADO DO PARANÁ, BRASIL**

Monografia apresentada à disciplina  
de Trabalho de Conclusão de Curso,  
como requisito básico para a obtenção  
do título de bacharel em Geografia,  
sob a orientação da Profa. Dra. Susana  
Volkmer.

Maringá – PR

2010



*„Der Verstand, der sich einer neuen  
Idee öffnet, kehrt nicht zurück  
zu seiner ursprünglichen Größe“  
Albert Einstein*

*“La géographie est un savoir, un savoir difficile  
parce qu’intégrateur du vertical et de l’horizontal,  
du naturel et du social, de l’aléatoire et du  
volontaire, de l’actuel et de l’historique et sur la  
seule interface dont dispose l’humanité”  
(PINCHEMEL, 1994)*

## **Algumas Considerações**

Antes de qualquer apresentação formal, parto da informalidade e do sentimentalismo para expressar meus mais profundos agradecimentos e considerações sobre aqueles que, de alguma forma, auxiliaram não só na elaboração deste trabalho, mas em toda a minha trajetória acadêmica e vivência nestes árduos quatro anos de graduação.

Primeiramente agradeço aos meus pais, Laudemir Camolezi e Lucimar Calixto Camolezi, por todo carinho, amor, amizade e auxílio financeiro que me possibilitaram uma experiência de preço inestimável: o acesso à uma instituição de ensino de qualidade. Esta experiência não só me tornou mais preparado para o ingresso no mundo das Ciências, mas trouxe principalmente a independência, a responsabilidade e o reconhecimento de seus esforços. A vocês, o meu mais sincero amor e agradecimento. Além dos meus pais, dedico este trabalho ao meu irmão Alex Augusto Camolezi, aos meus avós Amélio Camolezi e Iracema da Silva Camolezi, e a toda minha família, que é a base de todo o meu ser.

Agradeço também à minha orientadora, Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Susana Volkmer, pela sua orientação nestes dois anos de trabalho, a qual foi de extrema importância para a produção deste trabalho. Sem a sua experiência e auxílio nos momentos difíceis, a elaboração deste e de outros trabalhos seria impossível.

Aos professores e professoras Susana Volkmer, Edison Fortes, Fernando Luiz de Paula Santil, Paulo Nakashima, Américo José Marques, Maria Teresa de Nóbrega, Deise Regina Elias Queiroz, Fernando Ricardo Santos, Messias Modesto dos Passos, Fernando Manosso, dentre outros que foram importantes para a minha formação, agradeço pelas informações recebidas, orientações e, sobretudo, a amizade criada neste período tão importante. Além dos professores, agradeço às secretárias do DGE, Miriam de Carlos e Josimeire Damásio, pelo apoio recebido durante estes quatro anos de quase moradia no departamento.

Ao pessoal do LEP EMC, laboratório que estagiei por um ano (e freqüente assiduamente), em especial Aparecida Campanerutti Esteves, Eunice Noriko Yano Honda, Hiroshi Utumi, Alice Terezinha Costa, Antonina Pereira Francisco e Bruna Juliana Wanczinski, obrigado pela atenção e carinho nestes anos de faculdade. Vocês se tornaram uma verdadeira família e já fazem parte da minha vida.

À minha família acadêmica, meus pais Susana Volkmer e Edison Fortes, e à penca de irmãos: Edivando Vitor do Couto, Dayani Duarte Manieri, Fernando Ricardo dos Santos, Elizete Besagio Calegari, Karine Bueno Vargas, Michael Vinícius de Sordi, Vagner de Souza Serikawa, e outros que constituem a família Volkmer Fortes ou Fortes Volkmer, minha gratidão pela aceitação e amizade neste período de convivência.

Um parágrafo especial à minha namorada Juliana Kovalczuk de Oliveira, que me atura por quase cinco anos, e espero que por muitos que ainda virão, agradeço pelo amor recebido, carinho, afeto e todos estes sentimentos vivenciados ao longo do nosso tempo juntos. Agradeço também pela compreensão da minha ausência, principalmente nesta última fase de elaboração e preparação do trabalho, na qual o tempo se tornou escasso, mas nem por isso deixei de sentir saudades.

Finalmente, aos meus colegas de graduação, e da pós-graduação, que me aguentaram e ajudaram nesta fase da minha vida. Aos amigos Vagner de Souza Serikawa, Vanessa Kimie Iceri, Pedro Dias Mangolini Neves, Maria Eugênia Espires Martin, Edivando Vitor do Couto, Michael Vinícius de Sordi, Dayani Duarte Manieri, e muitos outros que também são importantes para mim, agradeço profundamente pela vivência e experiências, com vocês me tornei mais humano.

## RESUMO

Este trabalho teve o objetivo de elaborar o zoneamento geoambiental da bacia hidrográfica do ribeirão Santo Inácio, a partir da análise integrada dos elementos da paisagem. Tal estudo visa suprir a falta de informações sobre a área de estudo, principalmente àquelas pertinentes ao meio físico. Para isso foram levantadas informações sobre a geologia, a geomorfologia, o clima, os solos, a hidrografia, a vegetação, uso do solo e fragilidade ambiental (proposta de Ross, 1994), que permitiram a definição de quatro unidades de paisagens, a saber: unidade Santo Inácio (USI); unidade Imbiaçaba (UI); unidade Alto Alegre (UAA); e unidade Mendeslândia (UM). O resultado desse zoneamento revelou: predomínio de fragilidades baixas a muito baixas (em USI, UI e UAA), exceto nas áreas de relevo mais acentuado (UM), indicação das unidades USI e UAA para agricultura mecanizada, da unidade UI para pastagem, e da unidade UM, para agricultura familiar. As capacidades de uso das unidades mapeadas podem auxiliar no planejamento, tanto regional, quanto ambiental.

**Palavras-chave:** zoneamento geoambiental, fragilidade ambiental, unidades de paisagem, ribeirão Santo Inácio.

## ABSTRACT

This work aimed to prepare the geoenvironmental zoning of Santo Inácio watershed, through the integrated analysis of landscape elements. Such study aims to fill the lack of information about the study area, mainly those relevant to physical environment. For this, were obtained informations about geology, geomorphology, climate, soils, hydrography, vegetation, soil use, and environmental weakness (proposed by Ross, 1994), that allowed to define four landscape units: Santo Inácio unit (USI); Imbiaçaba unit (UI); Alto Alegre unit (UAA); Mendeslândia unit (UM). The results of this zoning revealed: dominance of low and very low environmental weakness (at USI, UI an UAA), except where relief are sharper (UM), designation of units USI and UAA to mechanized agriculture, of unit UI to pasture, and of unit UM, to family farming. The soil use capacities of mapped units can assist in planning, both regional, like environmental.

**Key-words:** geoenvironmental zoning, environmental weakness, landscape units, Santo Inácio watershed.

## LISTA DE FIGURAS

|  |    |
|--|----|
| <b>Figura 1:</b> Localização da área de estudo.....  | 5  |
| <b>Figura 2:</b> Uso e ocupação do solo da bacia hidrográfica do ribeirão Santo Inácio.....  | 18 |
| <b>Figura 3:</b> Geologia da bacia hidrográfica do ribeirão Santo Inácio.....  | 19 |
| <b>Figura 4:</b> Coluna litoestratigráfica da BRSI.....  | 21 |
| <b>Figura 5:</b> Compartimentos geomorfológicos da bacia hidrográfica do ribeirão Santo Inácio.....  | 23 |
| <b>Figura 6:</b> Variação hipsométrica da bacia hidrográfica do ribeirão Santo Inácio.....   | 24 |
| <b>Figura 7:</b> Variação clinométrica da bacia hidrográfica do ribeirão Santo Inácio.....   | 25 |
| <b>Figura 8:</b> Dissecção horizontal da bacia hidrográfica do ribeirão Santo Inácio.....  | 26 |
| <b>Figura 9:</b> Dissecção vertical da bacia hidrográfica do ribeirão Santo Inácio.....  | 27 |
| <b>Figura 10:</b> Geologia simplificada da Bacia Sedimentar do Paraná.....   | 29 |
| <b>Figura 11:</b> Lineamentos Estruturais da bacia hidrográfica do ribeirão Santo Inácio.....  | 30 |
| <b>Figura 12:</b> Diagramas de Roseta. a) Frequência Absoluta; b) Comprimento Absoluto.....  | 30 |
| <b>Figura 13:</b> Diagramas de Rosetas dos lineamentos divididas por compartimentos<br>geomorfológicos.....  | 33 |
| <b>Figura 14:</b> Morfoestruturas da bacia hidrográfica do ribeirão Santo Inácio.....  | 34 |
| <b>Figura 15:</b> Mapas de Seppômen da BRSI.....   | 35 |
| <b>Figura 16:</b> Configuração dos altos e baixos estruturais da área de estudo, conforme<br>a malha de 1 Km <sup>2</sup> do mapa de seppômen..... | 36 |
| <b>Figura 17:</b> Solos da bacia hidrográfica do ribeirão Santo Inácio.....  | 41 |
| <b>Figura 18:</b> Rede de drenagem da bacia hidrográfica do ribeirão Santo Inácio.....   | 45 |
| <b>Figura 19:</b> Fragilidade ambiental da bacia hidrográfica do ribeirão Santo Inácio.....  | 47 |
| <b>Figura 20:</b> Unidades Geoambientais da bacia do ribeirão Santo Inácio.....  | 49 |
| <b>Figura 21:</b> Localização dos perfis geoambientais.....  | 52 |
| <b>Figura 22:</b> Perfil Geoambiental da Unidade Santo Inácio.....   | 54 |
| <b>Figura 23:</b> Perfil Geoambiental da Unidade Imbiacaba.....  | 54 |
| <b>Figura 24:</b> Perfil Geoambiental da Unidade Alto Alegre.....  | 55 |
| <b>Figura 25:</b> Perfil Geoambiental da Unidade Mendeslândia.....   | 55 |

## **LISTA DE TABELAS**

|   |    |
|---|----|
| <b>Tabela 1:</b> Classes de Fragilidade do Solo.....  | 11 |
| <b>Tabela 2:</b> Índices de declividade.....  | 12 |
| <b>Tabela 3:</b> Grau de Proteção do Solo Segundo a Cobertura Vegetal.....                          | 12 |
| <b>Tabela 4:</b> Níveis hierárquicos dos comportamentos pluviométricos.....                         | 12 |
| <b>Tabela 5:</b> Aspectos sócio-econômicos dos municípios inseridos na BRSI.....                    | 14 |
| <b>Tabela 6:</b> Análise descritiva dos lineamentos estruturais da bacia do ribeirão Santo Inácio.. | 31 |
| <b>Tabela 7:</b> Dados climáticos da bacia do ribeirão Santo Inácio.....                            | 37 |

## **LISTA DE QUADROS**

|   |    |
|---|----|
| <b>Quadro 1:</b> Classes de fragilidade ambiental da bacia do ribeirão Santo Inácio – PR.....                   | 46 |
| <b>Quadro 2:</b> Comparação entre as unidades geoambientais da bacia hidrográfica do ribeirão Santo Inácio..... | 53 |

## **LISTA DE GRÁFICOS**

|  |    |
|--|----|
| <b>Gráfico 1:</b> Evolução das áreas destinadas ao cultivo da cana-de-açúcar.....              | 16 |
| <b>Gráfico 2:</b> Evolução do rebanho bovino.....  | 16 |
| <b>Gráfico 3:</b> Principais produtos agrícolas dos municípios integrantes da BRSI.....        | 17 |
| <b>Gráfico 4:</b> Distribuição do uso do solo da área de estudo segundo classes definidas..... | 17 |
| <b>Gráfico 5:</b> Climograma de Colorado e Santa Inês – PR.....                                | 38 |
| <b>Gráfico 6:</b> Climograma de Santo Inácio e Cafeara – PR.....                               | 38 |
| <b>Gráfico 7:</b> Climograma de Guaraci e Nossa Senhora das Graças – PR.....                   | 39 |

## SUMÁRIO

|  |     |
|--|-----|
| <b>Resumo</b> .....                              | i   |
| <b>Abstract</b> .....                            | ii  |
| <b>Lista de Figuras</b> .....                    | iii |
| <b>Lista de Tabelas</b> .....                    | iv  |
| <b>Lista de Quadros</b> .....                    | iv  |
| <b>Lista de Gráficos</b> .....                   | iv  |
| <br>   |     |
| <b>1. INTRODUÇÃO</b> .....                       | 3   |
| <b>1.1 Localização da área de estudo</b> .....   | 5   |
| <b>2. JUSTIFICATIVAS E OBJETIVOS</b> .....       | 6   |
| <b>2.1 Justificativas</b> .....                  | 6   |
| <b>2.2 Objetivo Geral</b> .....                  | 6   |
| <b>2.3 Objetivos Específicos</b> .....           | 6   |
| <b>3. REFERENCIAL TEÓRICO-METODOLÓGICO</b> ..... | 7   |
| <b>3.1 Referencial Teórico</b> .....             | 7   |
| <b>3.1.1 Análise integrada da paisagem</b> ..... | 7   |
| <b>3.2 Materiais e Métodos</b>                   |     |
| <b>3.2.1 Aspectos Sócio-Econômicos</b> .....     | 9   |
| <b>3.2.2 Aspectos do Meio Físico</b> .....       | 10  |
| <b>3.2.3 Fragilidade Ambiental</b> .....         | 12  |
| <b>4. RESULTADOS E DISCUSSÕES</b> .....          | 14  |
| <b>4.1 Aspectos Sócio-Econômicos</b> .....       | 14  |
| <b>4.1.1 Evolução de uso do solo</b> .....       | 15  |
| <b>4.1.2 Uso do Solo</b> .....                   | 17  |
| <b>4.2 Aspectos Naturais</b> .....               | 18  |
| <b>4.2.1 Geologia</b> .....                      | 18  |
| <b>4.2.1.1 Grupo Bauru</b> .....                 | 19  |
| <b>4.2.1.2 Grupo São Bento</b> .....             | 21  |
| <b>4.2.2 Geomorfologia</b> .....                 | 22  |
| <b>4.2.2.1 Caracterização Morfométrica</b> ..... | 23  |

|                                      |    |
|--------------------------------------|----|
| 4.2.2.2 Análise Morfoestrutural..... | 27 |
| 4.2.2.3 Evolução Morfoclimática..... | 34 |
| 4.2.3 Clima.....                     | 36 |
| 4.2.4 Solos.....                     | 39 |
| 4.2.5 Vegetação.....                 | 42 |
| 4.2.6 Hidrografia.....               | 43 |
| 4.2.7 Fragilidade Ambiental.....     | 45 |
| 4.2.8 Unidades Geoambientais.....    | 48 |
| 4.2.8.1 Unidade Santo Inácio.....    | 49 |
| 4.2.8.2 Unidade Imbiaçaba.....       | 50 |
| 4.2.8.3 Unidade Alto Alegre.....     | 51 |
| 4.2.8.4 Unidade Mendeslândia.....    | 51 |
| 5. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....         | 56 |
| 6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....   | 57 |

## 1. INTRODUÇÃO

Anteriormente à colonização do norte paranaense pelos paulistas e mineiros, a região do município de Santo Inácio já havia sofrido influência da colonização espanhola através do sistema de reduções jesuíticas. Araújo (2002) afirma que o sistema reducional foi implantado para inserir o índio no sistema colonial, e dessa forma “civilizá-los”, e catequizá-los, reorganizando o seu espaço. Segundo o autor, a ideia de redução significava converter ao cristianismo aqueles que não seguiam a fé católica, além de ser um abrigo para os cristãos.

A redução jesuítica Santo Inácio de Loyola teve sua fundação por volta de 1610 e localizava-se junto à foz do ribeirão Santo Inácio no rio Paranapanema. A redução foi destruída por bandeirantes por volta de 1629.

No início do século XX, o Norte paranaense começou a ser colonizado pela companhia inglesa Paraná *Plantation Limited*, que posteriormente foi vendida a brasileiros e recebeu o nome de Companhia Melhoramentos do Norte do Paraná (CMNP). Até 1927, a CMNP adquiriu do estado paranaense, cerca de 1.246.300 ha de terras muito férteis, cobertas de floresta, por um preço muito baixo.

Para prover de infra-estrutura o norte paranaense, a CMNP desmatou as terras norte-paranaenses, e implantou estradas e núcleos populacionais menores, a cada 10 km, e núcleos maiores a aproximadamente 100 km, que futuramente funcionariam como pólos de desenvolvimento.

De acordo com Nakashima (1999, p. 1), “devido ao seu modelo de ocupação e rápido desenvolvimento, principalmente a partir da década de 1950, a região conheceu uma acelerada degradação dos seus recursos naturais”. Sob este contexto estão inseridos os municípios de Santo Inácio, Guaraci, Cafeara, Nossa Senhora das Graças, Colorado e Santa Inês. Os referidos municípios estão inseridos parcialmente na bacia hidrográfica do ribeirão Santo Inácio, objeto de estudo deste trabalho. A ausência de planejamento ambiental nesta região acarretou em sérios problemas, decorrentes da ausência da cobertura vegetal.

Importante fator a ser pesquisado a fim de se planejar e gerir o território, a Geomorfologia é uma área da Geografia que estuda o relevo, priorizando a sua gênese e suas relações com outros aspectos físico-econômicos caracterizando uma análise integrada da paisagem.

Além da Geomorfologia, a Pedologia, a Geologia, a Biogeografia, bem como a Hidrografia e Climatologia, expressam intrínsecas relações entre si, e, de certa forma, subsidiam o planejamento ambiental.

Spörl;Ross (2004), afirmam que “qualquer alteração nos diferentes componentes da natureza (relevo, solo, vegetação, clima e recursos hídricos) acarreta o comprometimento do sistema, quebrando o seu equilíbrio dinâmico”. Assim, os componentes naturais do ambiente podem sofrer alterações naturais, sejam elas endógenas ou exógenas, e antrópicas.

A fim de se reduzir os impactos provocados pelo homem, alguns estudos geográficos são realizados, a saber: potencialidades de uso do solo, mapeamentos de zonas de risco aplicadas ao deslizamento de solos, riscos de queimada e fragilidade ambiental. Além disso, uma gama de produtos cartográficos e análises integradas podem ser realizadas para reduzir impactos ao meio.

O zoneamento geoambiental consiste em se definir unidades que expressem relações e características semelhantes entre si, podendo auxiliar no planejamento e gestão territorial. Segundo Freitas Filho *et al.* (1996, p. 151), “o zoneamento geoambiental [...] pode ser considerado um ponto de partida para um planejamento que visa o aproveitamento racional dos recursos naturais, adequado pelas suas potencialidades e pelo equilíbrio ambiental”.

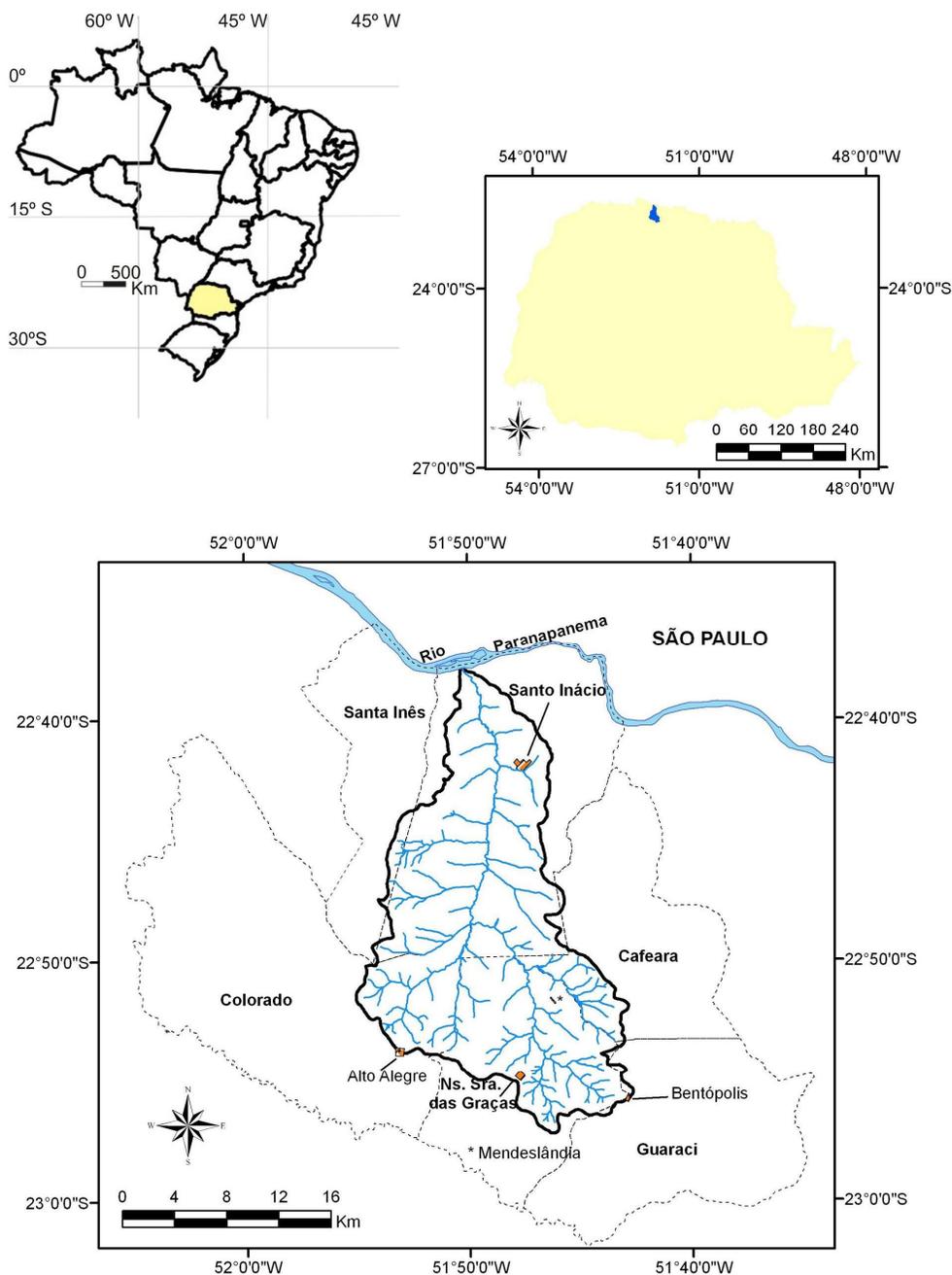
Outro importante instrumento para o planejamento ambiental é o mapeamento da fragilidade ambiental do meio pesquisado. Spörl (2001) versa que o mapeamento da fragilidade ambiental identifica e analisa os ambientes em função de sua fragilidade. Pode-se assim, apontar áreas com graus de fragilidade menor, as quais favorecem determinados tipos de inserção, e também áreas com maior fragilidade, nas quais são exigidas ações tecnicamente mais adequadas a essas condições.

De acordo com Reis Nakashima (2001), a carta de fragilidade ambiental é importante para o entendimento da fragilidade relevo-solo, frente à intervenção desordenada do homem e da sociedade sobre os recursos da natureza.

No presente trabalho, buscou-se identificar, mapear e realizar análises sobre as unidades de paisagem da bacia hidrográfica do ribeirão Santo Inácio, priorizando aspectos geológicos, geomorfológicos, pedológicos, biogeográficos, hidrográficos, climatológicos e sócio-econômicos da referida bacia, que, analisados de maneira conjunta, servirão de base para o estudo das unidades geoambientais propostas, construindo assim, o zoneamento geoambiental através do cruzamento das informações do quadro geral de correlação entre os dados do sistema.

## 1.1 Localização da área de estudo

A bacia hidrográfica do ribeirão Santo Inácio, ora denominada BRSI, situa-se na região Sul do Brasil, ao Norte do Estado do Paraná, abrangendo uma área de 390,9 km<sup>2</sup>, limitada pelos paralelos 22°37'53.02"S ao Norte, e 22°57'13.68"S, ao Sul. A Leste da bacia, ela é limitada pelo meridiano 51°42'33.9"W, e a Oeste, pelo meridiano 51°55'6.94"W (Figura 1).



**Figura 1:** Localização da área de estudo

## **2. JUSTIFICATIVA E OBJETIVOS**

### **2.1 Justificativas**

A falta de planejamento ambiental é um dos problemas mais sérios que afetam o desenvolvimento sócio-econômico em nosso país. O aproveitamento dos recursos naturais nem sempre é realizado de maneira correta, e o mau uso destes pode causar grandes desequilíbrios ambientais.

Assim, tendo em mente os problemas de planejamento urbano e rural, verificados na área de estudo, pretende-se com este trabalho contribuir com mais informações a respeito do meio físico, tais como mapeamento geológico de maior detalhe, análise geomorfológica e morfoestrutural, ainda deficientes naquela região.

O presente trabalho é parte integrante da pesquisa intitulada “Evolução da Paisagem e Dinâmica da Ocupação Humana da Bacia do ribeirão Santo Inácio”, desenvolvida pela Prof<sup>a</sup>. dra. Susana Volkmer. As informações trazidas pelo referido projeto tentam fechar uma lacuna referente às informações de caráter geológico-geomorfológico-geotectônico.

Desta maneira, além do levantamento de dados do meio físico, os mesmos, permitirão que se faça uma análise geoambiental, enfocando-se zonas de fragilidade, observadas na BRSI.

### **2.2 Objetivo Geral**

Realizar um estudo de zoneamento ambiental na bacia hidrográfica do ribeirão Santo Inácio, com o intuito de estabelecer as classes de instabilidade potencial ambiental, podendo subsidiar o planejamento ambiental da referida bacia.

### **2.3 Objetivos Específicos**

Levantar dados do quadro natural da área de estudo, bem como realizar a correlação entre os mesmos a fim de se caracterizar a bacia de uma maneira integrada;

Proceder à compartimentação da BRSI em sistemas homogêneos que facilite a compreensão dos dados naturais e antrópicos da área de estudo;

Elaborar um quadro geral de correlação dos elementos naturais e antropogênicos;

Elaborar Perfis Geoambientais com vistas a um detalhamento do relevo para compreensão do zoneamento geoambiental de maneira vertical;

Estabelecer níveis de fragilidade ambiental para cada unidade mapeada;

Propor recomendações para uso e conservação dos sistemas da bacia do ribeirão Santo Inácio.

### **3. REFERENCIAL TEÓRICO-METODOLÓGICO**

#### **3.1 Referencial Teórico**

##### **3.1.1 Análise Integrada da Paisagem**

Segundo Frolova (2000), o nascimento da ciência da paisagem se dá na Rússia e data do fim do século XIX, onde os russos necessitavam criar meios eficazes para o estudo de grandes áreas com populações pequenas.

A aplicação da teoria geral dos sistemas ao estudo das paisagens naturais foi sistematizada inicialmente na antiga URSS por Sotchava (1963), que dizia ser o Geossistema “uma dimensão do espaço terrestre onde os diversos componentes naturais se encontram em conexões sistêmicas uns com os outros, apresentando uma integridade definida, interagindo com a esfera cósmica e a sociedade humana”.

Alguns anos depois desta definição, surgiu na França com Bertrand (1968), uma proposta metodológica para um estudo da paisagem e da Geografia física global. Segundo Bertrand (*op. cit.*), a paisagem era um termo pouco usado e impreciso, que cada um utilizava a seu bel prazer, na grande maioria das vezes, anexando um qualificativo de restrição que alterava o seu sentido, sendo este, um problema de ordem epistemológica.

A paisagem não é a simples adição de elementos geográficos disparatados. É, em uma determinada porção do espaço, o resultado da combinação dinâmica, portanto instável, de elementos físicos, biológicos e antrópicos, que, reagindo dialeticamente uns sobre os outros, fazem da paisagem um conjunto único e indissociável, em perpétua evolução (BERTRAND, 1968, p.249).

Beroutchachvili; Bertrand (1978) afirmam que dentro dos estudos de paisagem existem três paradigmas que norteiam os métodos de pesquisa dentro dos domínios das ciências da natureza, a saber: o paradigma descritivo e classificatório; o paradigma genético e setorial e o paradigma sistêmico.

Segundo o autor o paradigma descritivo desenvolveu-se a partir do século XVIII, e lançou as bases das grandes ciências modernas. O paradigma setorial desenvolveu-se a partir

do evolucionismo darwiniano e domina o conjunto da pesquisa naturalista. Já o paradigma sistêmico foi amplamente difundido durante a segunda metade do século XX. Segundo Beroutchachvili; Bertrand (*op. cit.*), ele não acrescenta e não retira nada dos trâmites setoriais tradicionais; o paradigma apenas aplica de uma maneira diferente, com outra problemática, teorias e objetos próprios.

Bertrand (1968), Beroutchachvili; Bertrand (1978), Bertrand; Bertrand (2002), definem que os estudos de paisagem devem ser classificados de acordo com uma escala cartografável, para isso, definem alguns níveis taxonômicos que compreendem diferentes níveis escalares: Zona, Domínio, Região, Geossistema, Geofácies e Geotopo.

Para Bertrand (1968), o Geossistema seria a melhor unidade para os estudos geográficos, pois nesta escala é que são passíveis os estudos inter-relacionados. Posteriormente o autor passa a usar a denominação de Geocomplexo no lugar de Geossistema.

A fim de se elaborar o zoneamento geoambiental da bacia hidrográfica do ribeirão Santo Inácio, utilizando-se como categoria de análise a paisagem, buscou-se, portanto, como referencial teórico, os estudos de caráter sistêmico, propostos por Sotchava (1963) e Bertand (1968), que apontam que os diferentes elementos do meio apresentam relações entre si.

Neste trabalho, vários fatores foram analisados, entre eles os aspectos sócio-econômicos, o clima, a vegetação, os solos, a geologia, a geomorfologia, o uso do solo e a fragilidade ambiental.

### **3.2 Materiais e Métodos**

A primeira fase de elaboração do projeto deu-se a partir do levantamento bibliográfico dos dados do meio físico e sócio-econômico, e também da metodologia tratada por Ross (1994).

A segunda etapa do trabalho constituiu na elaboração da base cartográfica digital através da digitalização das cartas topográficas de Santo Inácio, Folha SF-22-Y-B-V-1 (IBGE, 1973a), Colorado, Folha SF-22-Y-B-V-3 (IBGE, 1978), e da carta de Centenário do Sul, Folha SF-22-Y-B-V-4 (IBGE, 1973b).

Com o auxílio do software *Global Mapper* v. 11.0 as cartas foram georreferenciadas para que pudessem ser inseridas nos Sistemas de Informações Geográficas utilizados.

Utilizando o software Spring® v.5.0.5 disponibilizado gratuitamente pelo Instituto Nacional de Pesquisas (INPE <http://www.inpe.br>), as cartas já georreferenciadas foram vetorizadas, priorizando os dados altimétricos e dados da rede de drenagem. Por meio do

banco de dados georrefenciado foi possível delimitar a bacia do ribeirão Santo Inácio, e definir a sua área.

A etapa seguinte constituiu na elaboração de vários produtos cartográficos, tais como as cartas: hipsométrica, clinométrica, de drenagem, pedológica, morfoestrutural, de uso do solo, de compartimentação geomorfológica; a representação dos diagramas de rosetas, e do modelo digital de elevação; adaptação da carta geológica elaborada pela MINEROPAR (2006); e obtenção de climogramas dos municípios que integram a BRSI a partir da interpolação de dados das estações climatológicas mais próximas (Somar Meteorologia, 2010).

Foi utilizada ainda a imagem TOPODATA, de 30m de resolução espacial, proveniente da reamostragem da imagem SRTM (*Shuttle Radar Topography Mission*) com resolução espacial original de 90m. A imagem TOPODATA é um produto também disponibilizado pelo INPE.

Considerando-se, pois, as informações supracitadas, e ressaltando-se o contido nas quatro tabelas, para o presente trabalho foi adotada como metodologia para a elaboração da fragilidade ambiental da BRSI, a proposta de Ross (1994). Entende-se que esta metodologia traz luz ao conceito de fragilidade ambiental, cujas variáveis em análise, nos reportam ao modelo geossistêmico aplicado aos estudos de paisagem, apontado anteriormente por Bertrand (1968) e outros autores.

### **3.2.1 Aspectos Sócio-Econômicos**

Foram levantados alguns dados sócio-econômicos referentes aos municípios que integram a bacia hidrográfica do ribeirão Santo Inácio, a saber: Santo Inácio, Santa Inês, Cafeara, Guaraci, Colorado e Nossa Senhora das Graças. Os dados apresentados (população, IDH, PIB *per capita* e principal produto agrícola) referem-se àqueles que mais se destacam na participação social e econômica de uma determinada área. Todos estes dados foram obtidos do IBGE e do IPARDES.

Os dados de uso e ocupação do solo foram elaborados a partir da interpretação de imagens orbitais. Foram utilizados cenas do satélite Landsat 5, sensor TM, bandas 1, 2, 3, 4, 5 e 7, órbita 223, ponto 76. A varredura das imagens data de 03 de julho de 2010. Foi realizada classificação supervisionada com o interpolador MaxVer, onde foram adquiridas 40 amostras para cada classe definida.

### **3.2.2 Aspectos do Meio Físico**

#### **Geologia**

A caracterização geológica de uma área é um item essencial para estudos de natureza geográfica, pois auxiliam no entendimento da dinâmica da paisagem, bem como na caracterização pedológica, geomorfológica entre outras.

Foram utilizados para este trabalho os dados disponibilizados pela MINEROPAR (2006), e a descrição das unidades geológicas se deu de acordo com os dados encontrados na literatura.

#### **Geomorfologia**

As análises de cunho geomorfológico adotadas neste trabalho são de natureza morfométrica, morfoestrutural e morfoclimática.

As análises morfométricas podem ser realizadas conforme diferentes métodos, porém priorizou-se o básico, como a hipsometria, clinometria e rede de drenagem, bem como a variável dissecação, tanto horizontal quanto a vertical. A dissecação horizontal e vertical foi proposta inicialmente por Spiridonov (1981). Zacharias (2001) realizou uma adaptação à proposta de Spiridonov (*op. cit.*) e a partir da cartografia digital as cartas de dissecação puderam ser elaboradas. Serikawa *et al.* (2010) e Serikawa;Volkmer (2010) elaboraram as cartas de dissecação horizontal e vertical, utilizadas como parâmetros de análise neste trabalho.

As análises morfoestruturais foram elaboradas do ponto de vista dos lineamentos estruturais bem como de baixos e altos estruturais e topográficos. Para isto os dados foram extraídos de imagens de radar, como descrevem Soares *et al.* (1982); Cecarelli *et al.* (1986). Com a evolução do geoprocessamento as técnicas foram sendo aperfeiçoadas e a partir das imagens sombreadas, a extração destes dados pode ser realizada através de diferentes pontos de iluminação, bem como exagero do relevo. Estes procedimentos foram utilizados com sucesso por Andrades Filho;Fonseca (2009); Oliveira *et al.* (2009); Couto *et al.* (2010).

A evolução morfoclimática foi analisada através dos mapas de Seppômen elaborados por Sordi;Fortes (2010). Os mapas de Seppômen foram propostos por Huzita;Kasama (1977) e introduzida no Brasil por Motoki *et al.* (2007).

## **Clima**

A classificação climática utilizada para a caracterização da área de estudo foi a classificação proposta por Köppen;Geiger (1928). Esta metodologia propõe que o clima seja representado por dois ou três caracteres, onde a primeira indica a característica geral do clima de uma região, a segunda representa a pluviosidade de uma determinada área dentro de uma região e a terceira conota a temperatura média dos meses mais quentes.

Além disso, foram interpolados dados das estações meteorológicas mais próximas a fim de se obter as temperaturas e a precipitação da área de estudo. Foi utilizado como referencial teórico a proposta denominada de Processo Gaussiano de Regressão, ou krigagem, proposta por Krige (1951). A partir da interpolação destes dados, foram elaborados climogramas dos municípios que integram a BRSI.

## **Solos**

Para a caracterização dos solos da área de estudo, foram utilizados os dados do levantamento de solos na escala 1:250.000 elaborado pela EMBRAPA (1984) e sistematizado pela EMBRAPA;EMATER (1999).

A descrição dos solos procedeu de acordo com as descrições encontradas em IBGE (1994) e EMBRAPA (1999).

## **Vegetação**

Os dados da cobertura vegetal remanescente foram obtidos a partir da interpretação de imagens orbitais. Foram utilizadas cenas do satélite Landsat 5, sensor TM, bandas 1, 2, 3, 4, 5 e 7, órbita 223, ponto 76. A varredura das imagens data de 03 de julho de 2010. Foram utilizadas várias composições a fim de se obter um melhor resultado para a área de estudo.

## **Hidrografia**

A obtenção da rede de drenagem da área de estudo se deu a partir da vetorização das cartas topográficas de Santo Inácio, Folha SF-22-Y-B-V-1 (IBGE, 1973a), Colorado, Folha SF-22-Y-B-V-3 (IBGE, 1978), e da carta de Centenário do Sul, Folha SF-22-Y-B-V-4 (IBGE, 1973b) todas na escala de 1:50.000.

### 3.2.3 Fragilidade Ambiental

A fragilidade ambiental possui sua base fundamentada no conceito de ecodinâmica preconizado por Tricart (1977). De acordo com o autor, a ecodinâmica é um modelo de avaliação das unidades territoriais, com base no balanço pedogênese/morfogênese, propiciando sua classificação com base nos graus de instabilidade ambiental.

Para isso, Tricart (*op. cit.*) propôs três unidades classificatórias, os meios estáveis, os meios *intergrades*, e os meios instáveis. Aqueles em que a pedogênese se sobressai à morfogênese são denominados meios estáveis, enquanto que naqueles em que a morfogênese é superior à pedogênese são denominados meios instáveis. O que caracteriza os meios *intergrades* é a interferência permanente de morfogênese e pedogênese, exercendo-se de maneira concorrente sobre um mesmo espaço.

Cox (1994) utilizou-se da lógica *fuzzy* para a elaboração de mapeamento de zonas instáveis e estáveis na Inglaterra.

No Brasil, Ross (1994) inseriu o conceito de fragilidade ambiental, apontando que, na definição de um conjunto de dados é possível definir uma escala de fragilidade ambiental.

Ross (*op. cit.*) propõe dois métodos para o mapeamento da fragilidade ambiental, um a partir da declividade e outro a partir do índice de dissecação. Outros métodos para a classificação da fragilidade ambiental ainda podem ser vistos em Crepani *et al.* (2001).

Para este trabalho, utilizar-se-á a metodologia descrita por Ross (1994), utilizando-se a declividade como fator delimitador da fragilidade ambiental. Segundo Spörl (2001), após terem sido concluídos todos os levantamentos básicos de solos, índices de dissecação do relevo, cobertura vegetal e análise climatológica, Ross (*op. cit.*) propõe uma hierarquização em cinco classes de agrupamento como descritos nas tabelas 1, 2, 3 e 4.

**Tabela 1:** Classes de Fragilidade do Solo.

| CLASSES DE FRAGILIDADE | TIPOS DE SOLOS  |
|------------------------|---|
| 1 – Muito Baixa        | Nitossolo Vermelho, Latossolo Vermelho escuro, Latossolo Vermelho Amarelo textura argilosa.     |
| 2 – Baixa              | Latossolo Amarelo/Vermelho com textura média/argilosa.  |
| 3 – Média              | Latossolo Vermelho/Amarelo, Latossolo Bruno, Argissolo Vermelho Amarelo textura média/argilosa. |
| 4 – Forte              | Argissolo Vermelho Amarelo textura média/arenosa, Cambissolos                                   |
| 5 – Muito Forte        | Argissolos com cascalho, Neossolos Litólicos e Neossolos Quartzarênicos                         |

**Fonte:** Adaptado de Ross (1994); **Org.:** Camolezi (2010).

**Tabela 2:** Índices de declividade.

| <b>CLASSE DE FRAGILIDADE</b> | <b>ÍNDICES DE DECLIVIDADE</b> |
|------------------------------|-------------------------------|
| 1 – Muito Baixa              | Até 6%                        |
| 2 – Baixa                    | Entre 6 e 12%                 |
| 3 – Média                    | Entre 12 e 20%                |
| 4 – Forte                    | Entre 20 e 30%                |
| 5 – Muito Forte              | Maior que 30%                 |

**Fonte:** Adaptado de Ross (1994); **Org.:** Camolezi (2010).

**Tabela 3:** Grau de Proteção do Solo Segundo a Cobertura Vegetal.

| <b>GRAUS DE PROTEÇÃO</b> | <b>TIPOS DE COBERTURA VEGETAL</b>       |
|--------------------------|---|
| 1 – Muito Alto           | Mata                                    |
| 2 – Alto                 | Reflorestamento                         |
| 3 – Médio                | Pastagem cultivada e em pastos naturais |
| 4 – Baixo                | Agricultura temporária                  |

**Fonte:** Adaptado de Ross (1994); **Org.:** Camolezi (2010).

**Tabela 4:** Níveis hierárquicos dos comportamentos pluviométricos.

| <b>NÍVEIS HIERÁRQUICOS</b> | <b>CARACTERÍSTICAS PLUVIOMÉTRICAS</b>  |
|----------------------------|--|
| 1 – Muito Baixa            | Situação pluviométrica com distribuição regular ao longo do ano, com volumes anuais não muito superiores a 1000 mm/ano   |
| 2 – Baixa                  | Situação pluviométrica com distribuição regular ao longo do ano, com volumes anuais não muito superiores a 2000 mm/ano   |
| 3 – Média                  | Situação pluviométrica com distribuição anual desigual, com períodos secos entre 2 e 3 meses no inverno, e no verão com maiores intensidades de dezembro a março   |
| 4 – Forte                  | Situação pluviométrica com distribuição anual desigual, com período seco entre 3 e 6 meses, e alta concentração das chuvas no verão entre novembro e abril quando ocorrem de 70 a 80% do total de chuvas   |
| 5 – Muito Forte            | Situação pluviométrica com distribuição regular, ou não, ao longo do ano, com grandes volumes anuais ultrapassando 2500 mm/ano; ou ainda, comportamentos pluviométricos irregulares ao longo do ano, com episódios de chuvas de alta intensidade e volumes anuais baixos, geralmente abaixo de 900 mm/ano (semi-árido) |

**Fonte:** Adaptado de Ross (1994); **Org.:** Camolezi (2010).

## 4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

### 4.1 Aspectos sócio-econômicos

A BRSI encontra-se na Mesorregião Geográfica Norte Central Paranaense e os municípios que se inserem parcialmente na BRSI são: Santo Inácio, Santa Inês, Colorado, Nossa Senhora das Graças, Guaraci e Cafeara. Estes municípios, com exceção a Colorado, apresentam populações inferiores a 5.500 habitantes, e apresentam baixo IDH, aparecendo no ranking paranaense a partir da 202ª posição (Tabela 5).

**Tabela 5:** Aspectos sócio-econômicos dos municípios inseridos na BRSI.

| <b>Município</b>     | <b>População em 2010<sup>1</sup></b> | <b>IDH/Posição no estado<sup>2</sup></b> | <b>PIB per capita (2007)<sup>3</sup></b> | <b>Principal Produto Agrícola em 2008<sup>4</sup></b> |
|----------------------|--------------------------------------|--|--|---|
| Santo Inácio         | 5.269                                | 0,738 / 206º                             | R\$ 15.381                               | Cana-de-açúcar  |
| Colorado             | 22.340                               | 0,782 / 59º                              | R\$ 13.387                               | Cana-de-açúcar  |
| Santa Inês           | 1.818                                | 0,726 / 252º                             | R\$ 8.926                                | Cana-de-açúcar  |
| Guaraci              | 5.214                                | 0,739 / 202º                             | R\$ 6.726                                | Cana-de-açúcar  |
| Cafeara              | 2.695                                | 0,699 / 344º                             | R\$ 8.072                                | Cana-de-açúcar  |
| Nsa. Sra. das Graças | 3.806                                | 0,719 / 272º                             | R\$ 7.314                                | Cana-de-açúcar  |
| <b>TOTAL</b>         | <b>41.142</b>                        | <b>-</b>                                 | <b>-</b>                                 | <b>-</b>  |

**Fonte:** IBGE – <sup>1</sup> Censo Demográfico 2010; <sup>2</sup> PNUD; <sup>3</sup> Produto Interno Bruto dos Municípios; <sup>4</sup> Produção Agrícola Municipal.

**Elab.:** Camolezi (2010).

Percebe-se através dos dados apresentados, que a BRSI insere-se em uma região pouco desenvolvida, onde o principal produto agrícola é a cana-de-açúcar. Montanher *et al.* (2010), afirmam que a região noroeste do Paraná vem passando por uma reestruturação do espaço agrário, com o abandono de pastagens e outras culturas temporárias para o plantio de canaviais. Segundo os autores, este avanço é condicionado por algumas características do meio físico, tais como geologia, declividade, degradação ambiental, aptidão agrícola e risco de geadas. Além disso, verifica-se que as áreas de cultivo de cana-de-açúcar estão localizadas próximas a grandes usinas produtoras de álcool.

A economia dos municípios listados acima se fundamenta principalmente na agricultura, onde, além da cana-de-açúcar, as atividades pecuárias desenvolvem importante papel na economia. Além da criação de rebanhos bovinos, na área de estudo são cultivadas

cana-de-açúcar (dominante), soja, trigo e mandioca. A presença dos dois primeiros cultivos, os mais abundantes, está condicionada a: baixa declividade da área, presença de latossolo e argissolo, clima subtropical-tropical, e aptidão agrícola, regular a boa.

#### **4.1.1 Evolução do uso do Solo**

A evolução do uso do solo da bacia hidrográfica do ribeirão Santo Inácio foi marcada por diferentes períodos e ritmos de ocupação, assim como o restante do Norte e Noroeste do Estado do Paraná.

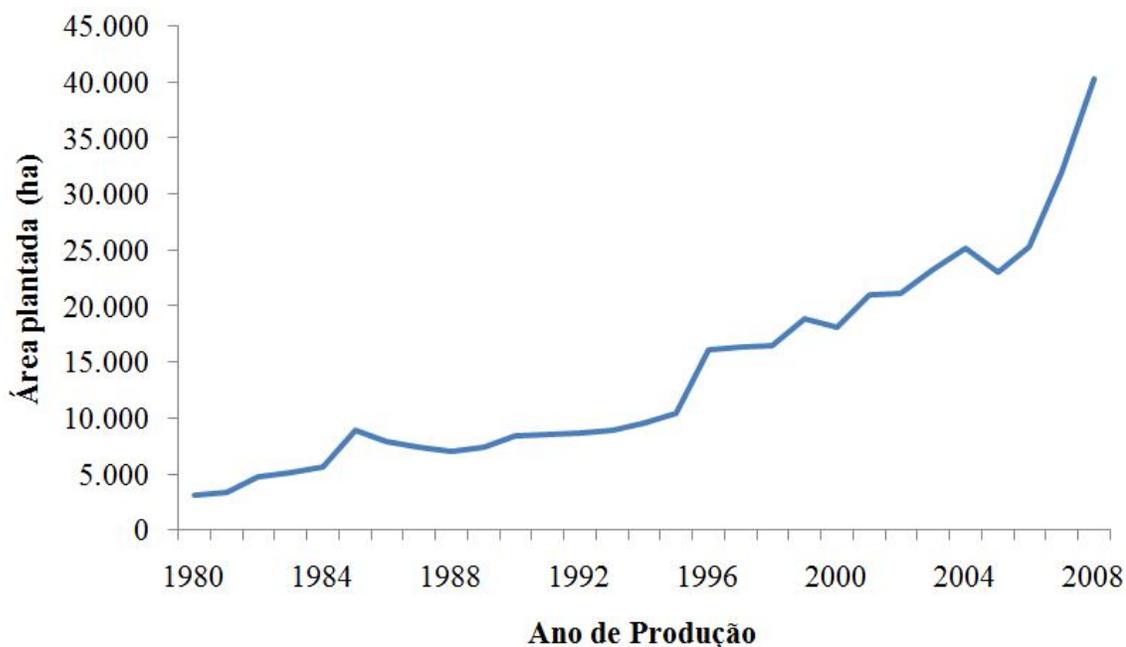
Desde a década de 1930, com o início da colonização portuguesa, a área de Santo Inácio estava ocupada por esparsos núcleos habitacionais e as propriedades rurais seguiam a lógica implantada pela CMNP, na qual os lotes eram divididos em pequenas parcelas, estendendo-se desde a estrada até os fundos de vale (CMNP, 1975).

Este modelo de ocupação priorizava as pequenas propriedades, visando o desenvolvimento da agricultura familiar. Foi implantada neste período a cultura cafeeira, que se desenvolvia com os paulistas e mineiros, que, com o desincentivo de continuar produzindo café em seus estados destinaram-se ao Paraná, onde as terras eram vendidas por um preço acessível.

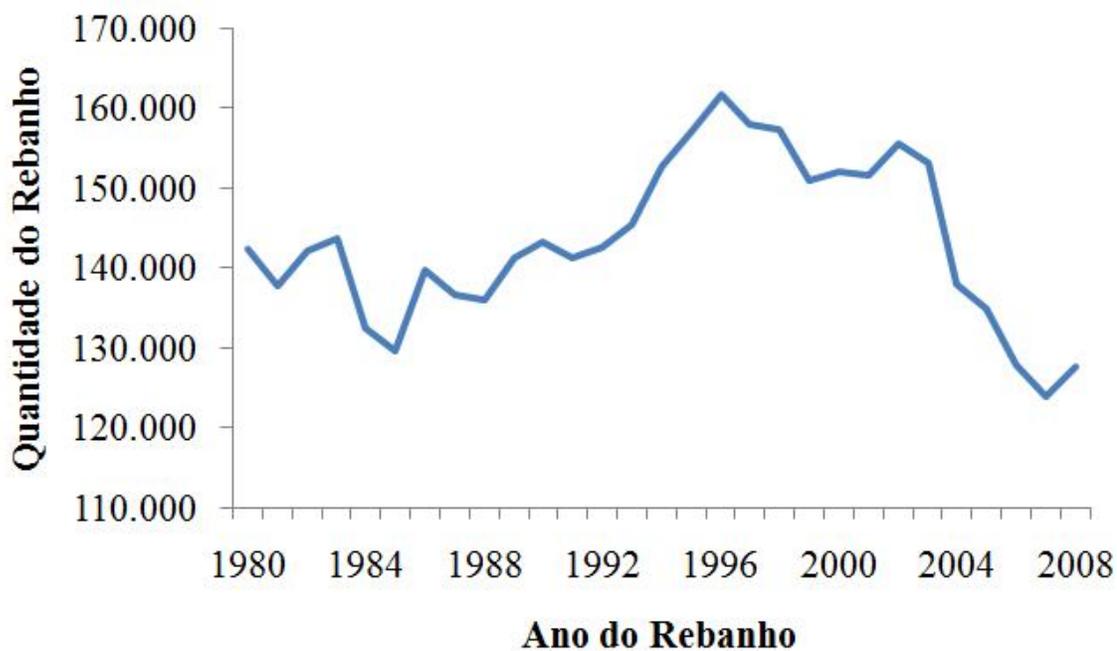
Em meados de 1960, instaurava-se a crise do café, que apontava preços baixos e uma série de fatores que desestimulavam a cafeicultura, até em meados da década de 1970, a cultura do café foi erradicada.

A partir de 1970, com o incentivo às culturas mecanizadas iniciou-se a produção de milho e trigo entre outros produtos que modificaram o uso e a ocupação da BRSI. A partir de 2000 houve grande incentivo de plantio de soja em áreas do arenito, tornando a modificar a paisagem da área de estudo.

Após 2005 a cana-de-açúcar assumiu grandes proporções na área de estudo, bem como em todo o Noroeste do Estado do Paraná. Além de uma mudança na economia local, a introdução da agricultura sucroalcooleira ocasionou mudanças nas estruturas fundiárias das áreas de canaviais. Cada vez mais as terras estavam sendo arrendadas para as grandes usinas produtoras de álcool, causando um grande êxodo rural, alterando a dinâmica populacional e os aspectos físicos e sócio-econômicos da paisagem. O gráfico 1 mostra a evolução da agricultura canavieira desde o ano de 1980 até o ano de 2008 nos municípios integrantes da área de estudo. Os dados foram representados de acordo com a quantidade de terras destinada à produção de cana-de-açúcar.



**Gráfico 1:** Evolução das áreas destinadas ao cultivo da cana-de-açúcar.  
**Fonte:** IPARDES (2010). **Elab.:** Camolezi (2010).

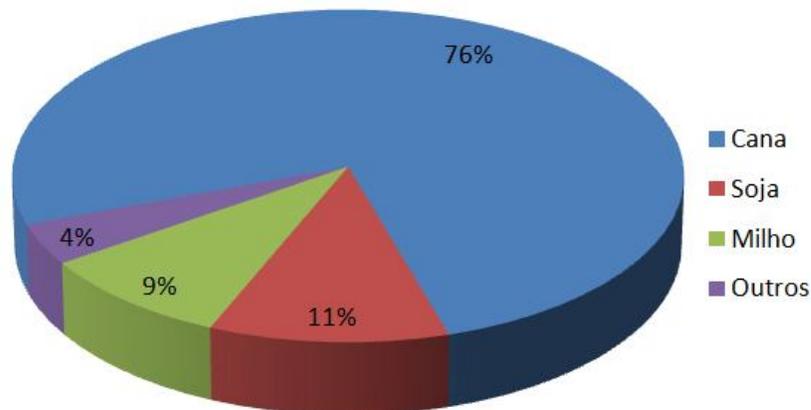


**Gráfico 2:** Evolução do rebanho bovino.  
**Fonte:** IPARDES (2010). **Elab.:** Camolezi (2010).

Conforme mostra o Gráfico 2, o rebanho bovino manteve-se no período apresentando sempre entre 120 mil e 160 mil cabeças, verificando-se a maior queda no período em que o desenvolvimento da cana-de-açúcar se intensifica (2005 a 2008).

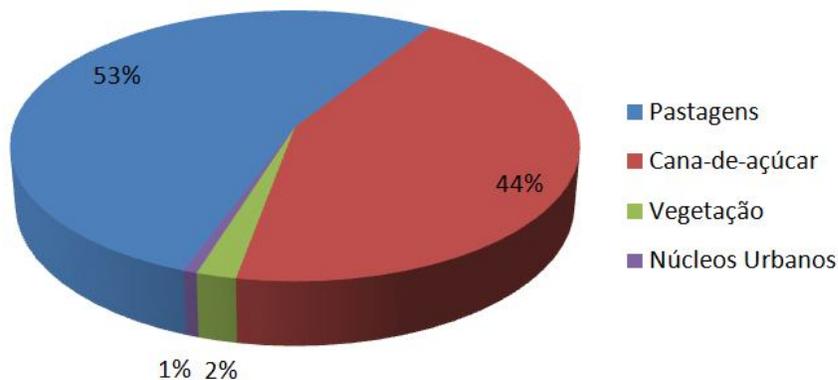
#### 4.1.2 Uso do Solo

Como foi descrito acima, o uso do solo na bacia hidrográfica do ribeirão Santo Inácio está associado, principalmente, à cultura canavieira e à pecuária bovina. Além da cana-de-açúcar, são cultivados nos municípios que integram a BRSI: soja, milho, mandioca, algodão, trigo, feijão e melancia (Gráfico 3).

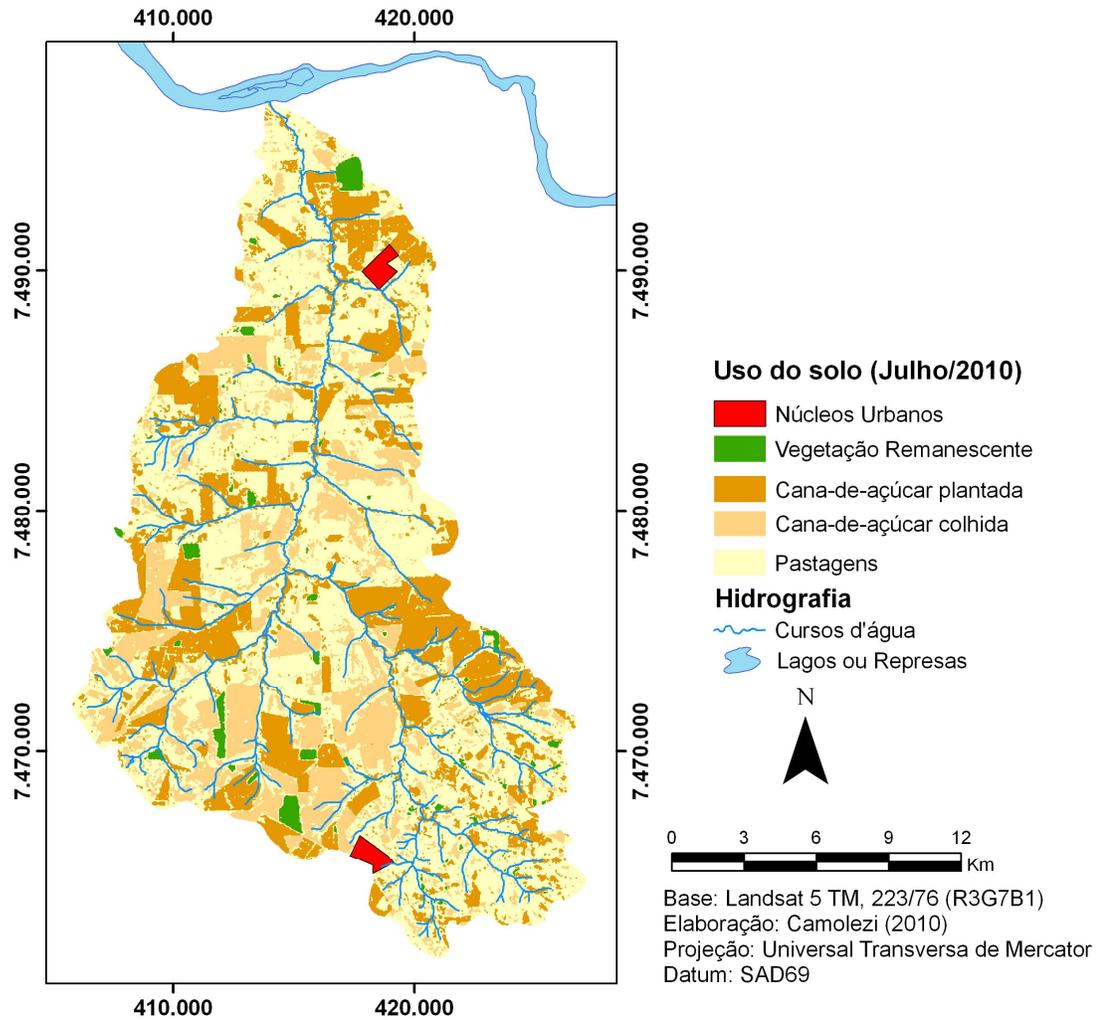


**Gráfico 3:** Principais produtos agrícolas dos municípios integrantes da BRSI.  
**Fonte:** Censo Agropecuário Municipal (IBGE - 2008). **Elab.:** Camolezi (2010).

Para a elaboração do mapa de uso do solo da área de estudo foram definidas quatro classes, a saber: áreas destinadas ao cultivo da cana-de-açúcar (colhida e plantada); áreas com cobertura vegetal remanescentes; núcleos urbanos e áreas de pastagem (Figura 2). As áreas dos demais tipos de culturas não se mostram significativas na área de estudo, e, portanto não foram abordadas. Foram mapeados 208,7 km<sup>2</sup> de áreas de pastagens; 171,2 km<sup>2</sup> de áreas destinadas ao cultivo da cana-de-açúcar; 7,79 km<sup>2</sup> de áreas com cobertura vegetal remanescente, e apenas 2,60 km<sup>2</sup> de núcleos urbanos (Gráfico 4).



**Gráfico 4:** Distribuição do uso do solo da área de estudo segundo classes definidas.  
**Fonte:** Landsat 5 TM 223/76 (2010). **Elab.:** Camolezi (2010).



**Figura 2:** Uso e ocupação do solo da bacia hidrográfica do ribeirão Santo Inácio - PR.

## 4.2 Aspectos Naturais

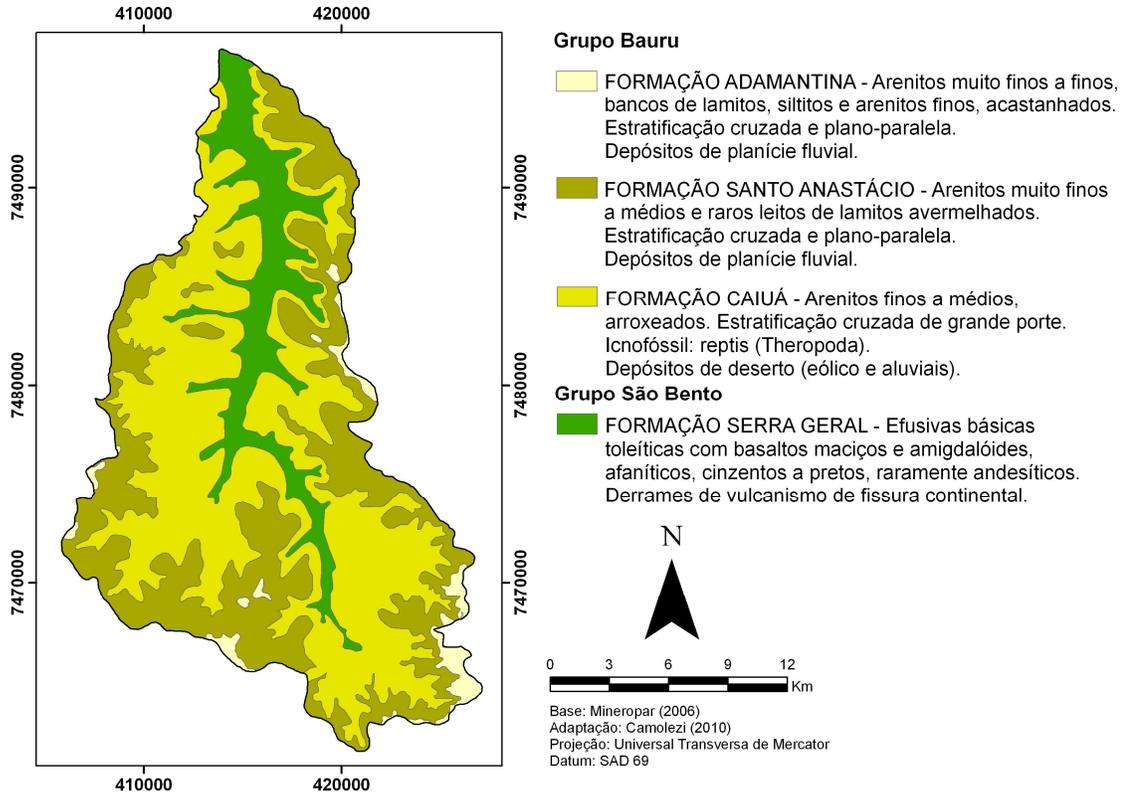
### 4.2.1 Geologia

A BRSI é integrante da Bacia Sedimentar do Paraná. A referida bacia possui grande quantidade de estudos de caráter geológico-geomorfológico no âmbito da evolução tectônica, boa parte deles creditados a Fúlfaro *et al.* (1982) e Zalán *et al.* (1990). A Bacia Sedimentar do Paraná é uma grande bacia intracratônica sul-americana, preenchida por rochas sedimentares e vulcânicas, cujas idades variam entre o Siluriano e o Cretáceo.

Levando-se em consideração as unidades litoestratigráficas presentes na BRSI, cabe ainda uma menção à bacia sedimentar Bauru. Segundo Fernandes;Coimbra (2000), sua

formação ocorreu no Neocretáceo, em evento de compensação isostática posterior ao acúmulo de quase 2.000 m de lavas basálticas ocorridas no Cretáceo Inferior.

Em relação à Geologia (Figura 3), a área de estudo apresenta quatro unidades distintas, sendo todas formadas no mesozóico. De acordo com mapeamento realizado pela Minerais do Paraná S.A. – MINEROPAR – (2006), na BRSI encontram-se arenitos das formações Caiuá, Santo Anastácio e Adamantina, e basaltos da Formação Serra Geral.



**Figura 3:** Geologia da bacia hidrográfica do ribeirão Santo Inácio – PR.

#### 4.2.1.1 Grupo Bauru

Segundo Paula e Silva *et al.* (2006) o Grupo Bauru apresenta sequência cretácica assentada sobre a Formação Serra Geral, limitada na base e no topo por discordâncias erosivas de caráter continental, encerrando o último estágio de sedimentação da Bacia do Paraná.

Formação Caiuá (Kc) – O arenito da Formação Caiuá foi descrito primeiramente por Washburne (1930) e recebeu sucessivas contribuições, entre elas a de Oliveira;Leonardos (1943), Gordon Júnior (1947), Maack (1948), Mezzalira (1964), Landim;Fúlfaro (1971), Jabur;Santos (1984) e inúmeras outras.

Sua gênese aponta posição contrária de alguns autores, como sendo de origem eólica (MAACK, 1948), enquanto Landim;Fúlfaro (1971) afirmam sua gênese fluvial. Ainda há autores que confirmam a ocorrência das duas fácies, como Jabur;Santos (1984) através de estudos litoestruturais.

De acordo com Soares *et al.* (1980), essa Formação geológica é constituída por “arenitos finos a médios com seleção regular a boa, arroxeados com estratificação cruzada de grande porte, assentadas discordantemente sobre os basaltos”.

Verificou-se que a ocorrência desta Formação encontra-se na área, entre as cotas, 340 e 425 m, acima do nível do mar.

Formação Santo Anastácio (Ksa) – A Formação Santo Anastácio foi designada por Soares;Landim (1975) como fácies da Formação Bauru; posteriormente Landim;Soares (1976) reclassificaram-na como Membro Santo Anastácio. Soares *et al.* (op. cit.) atribuíram-lhe a categoria de Formação. Estes autores descreveram-na como constituindo arenitos muito finos a médios, com raros leitos de lamitos avermelhados, com estratificação cruzada e plano-paralela. Este depósito corresponderia ao de planície fluvial.

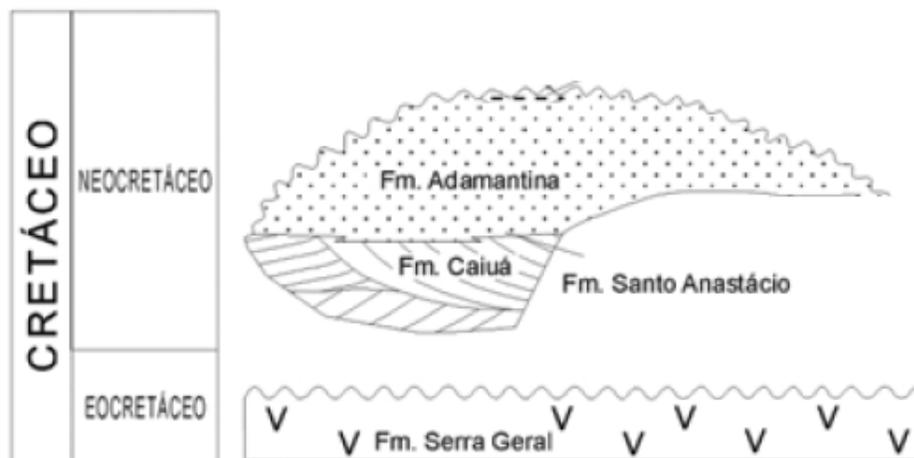
A ocorrência da Formação Santo Anastácio na BRSI encontra-se em grandes áreas, principalmente entre as cotas de 425 a 500 m.

Formação Adamantina (Ka) – A Formação Adamantina também foi descrita por Soares *et al.* (1980) da maneira que se segue:

[...] conjunto de fácies cuja principal característica é a presença de bancos de arenitos de granulação fina a muito fina, cor de róseo a castanho, portando estratificação cruzada, com espessuras variando entre 2 a 20m, alternados com bancos de lamitos, siltitos e arenitos lamíticos, de cor castanho avermelhado a cinza castanho, maciços ou com acamamento plano-paralelo grosseiro, frequentemente com marcas de onda e micro-estratificação cruzada (SOARES *et al.*, 1980).

Conforme mostra a Figura 4, abaixo, a Formação Adamantina ocupa maior volume e área em relação às demais formações sedimentares, e isto pode ser verificado para o estado de São Paulo. No Estado do Paraná, e particularmente na área da BRSI, a Formação Adamantina aflora em pontos restritos às altitudes acima de 500 m.

As semelhanças litológicas verificadas entre as formações sedimentares do Grupo Bauru, que afloram na BRSI, (granulação, coloração e estratificações de mesmo padrão), dificultam o seu reconhecimento em campo, visto o estado de alteração a que estas rochas se encontram.



**Figura 4:** Coluna litoestratigráfica da BRSI. **Adaptado** de Campos *et al.* (2008, p. 20).

#### 4.2.1.2 Grupo São Bento

O Grupo São Bento foi descrito por White (1908) e nele se encaixam as formações Botucatu e Serra Geral. No entanto, na área de estudo verifica-se somente a Formação Serra Geral (Figura 3).

Formação Serra Geral (JKsg) – A Formação Serra Geral é composta por rochas ácidas/básicas vulcânicas extrusivas. As rochas observadas na BRSI possuem um caráter básico, ocorrendo na forma de basaltos.

De acordo com a MINEROPAR (2006a), são rochas efusivas básicas toleíticas com basaltos maciços e amigdalóides, afaníticos, cinzentos a pretos, raramente andesíticos. Correspondem a derrames de vulcanismo fissural continental.

Sua ocorrência é observada principalmente nos fundos de vale, onde a escavação do leito provocada por processos fluviais faz com que o basalto aflore junto aos cursos hídricos, principalmente do RSI. A ocorrência dessa Formação na BRSI se dá em altitudes inferiores à 340m. A coluna cronolitoestratigráfica da BRSI pode ser vista na figura 4.

#### 4.2.2 Geomorfologia

Conforme Santos *et al.* (2006, p. 06), o Estado do Paraná encontra-se dividido em três grandes unidades morfoestruturais: Cinturão Orogênico do Atlântico, Bacia Sedimentar do Paraná e Bacias Cenozóicas e Depressões Tectônicas. Segundo Nunes *et al.* (1995, p. 11), os domínios morfoestruturais constituem a maior unidade taxonômica adotada para o mapeamento geomorfológico, caracterizados de acordo com os elementos geotectônicos, grandes arranjos estruturais, e eventualmente a predominância de alguma litologia em relação às outras.

Ross (1997, *apud* Santos *et al.*, *op. cit.* p. 04) ressalta que a estrutura e a escultura estão presentes em qualquer tamanho de forma, embora suas categorias de tamanho, idades, gêneses e formas sejam passíveis de serem identificadas e cartografadas separadamente, portanto em categorias distintas. Assim Santos *et al.* (*Ibid.*) realizaram o mapeamento de 50 sub-unidades morfoesculturais, priorizando a semelhança entre as formas do relevo relacionada aos condicionantes de natureza estrutural e litológica.

Neste contexto, a bacia hidrográfica do ribeirão Santo Inácio insere-se no Planalto de Maringá (Santos *et al.*, *op. cit.*). A subunidade morfoescultural está situada no Terceiro Planalto Paranaense e apresenta dissecação baixa, ocupando uma área de 3.898,52 km<sup>2</sup>, que corresponde a 23,62% da Folha de Presidente Prudente (SF-22-Y-D, MINEROPAR, 2006b). A classe de declividade predominante é menor que 6%, em uma área de 2.405,25 km<sup>2</sup>. Em relação ao relevo, a área de estudo apresenta gradiente altimétrico de 360 metros, distribuídos da cota 260 à cota 620 m. As formas predominantes são os topos alongados e aplainados, com vertentes convexas e vales em “V”. A direção geral da morfologia é NW/SE, modelada preferencialmente sobre rochas da Formação Serra Geral.

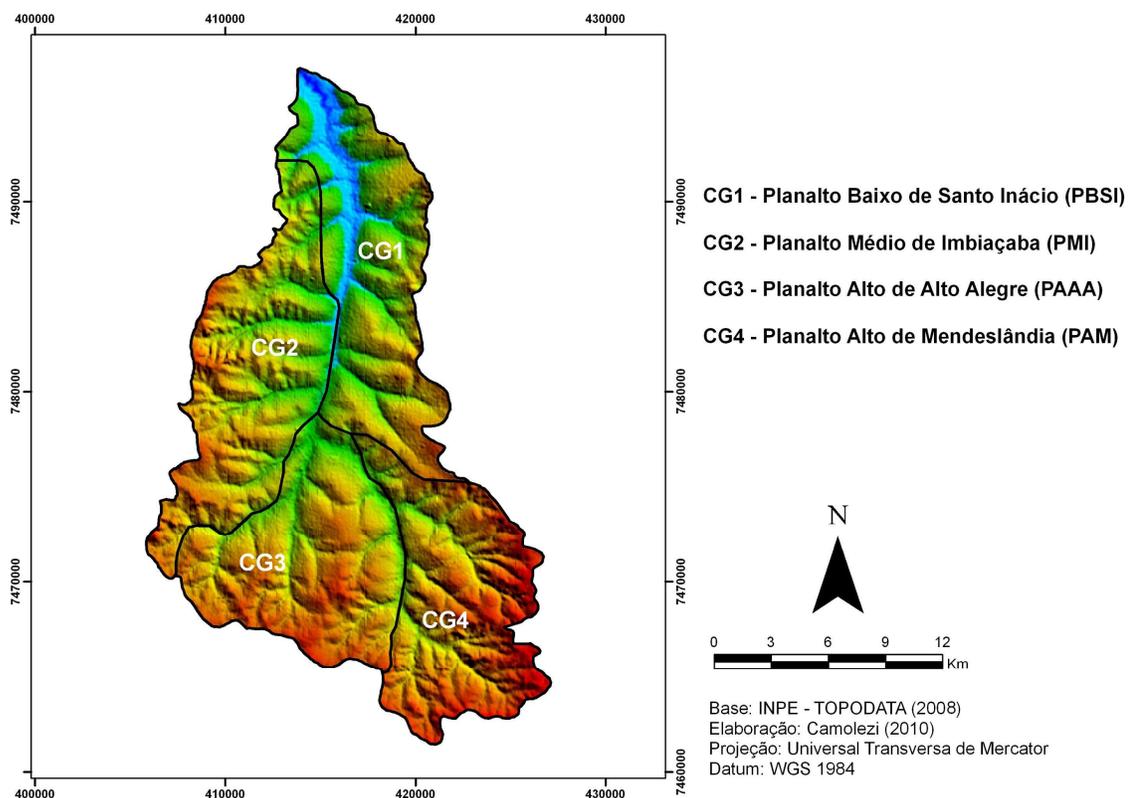
A fim de se estabelecer uma melhor classificação e entendimento para a geomorfologia da bacia do ribeirão Santo Inácio, foi proposta uma compartimentação geomorfológica para a BRSI (Figura 5). Foram identificados quatro compartimentos geomorfológicos (CGs): CG1 – Planalto Baixo de Santo Inácio (PBSI); CG2 – Planalto Médio de Imbiaçaba (PMI); CG3 – Planalto Alto de Alto Alegre (PAAA); e CG4 – Planalto Alto de Mendoslândia (PAM).

Entre os critérios utilizados para a elaboração dos compartimentos acima, citam-se: padrão e densidade da rede de drenagem, hipsometria, declividade, presença de morfoestruturas (altos e baixos, estruturais e topográficos), estabelecidas pelo controle de lineamentos estruturais.

#### 4.2.2.1 Caracterização Morfométrica

De acordo com Teodoro *et al.* (2007), a caracterização morfométrica de uma bacia hidrográfica é um dos primeiros e mais comuns procedimentos executados em análises hidrológicas ou ambientais, e tem como objetivo elucidar as várias questões relacionadas com o entendimento da dinâmica ambiental local e regional.

As cartas hipsométrica e clinométrica (Figuras 6 e 7, respectivamente) permitem representar as altitudes (Figura 6), e as áreas do relevo mais ou menos declivosas (Figura 7). Posteriormente, serão abordados dados de dissecação e dados relacionados aos outros elementos geomorfológicos da BRSI.

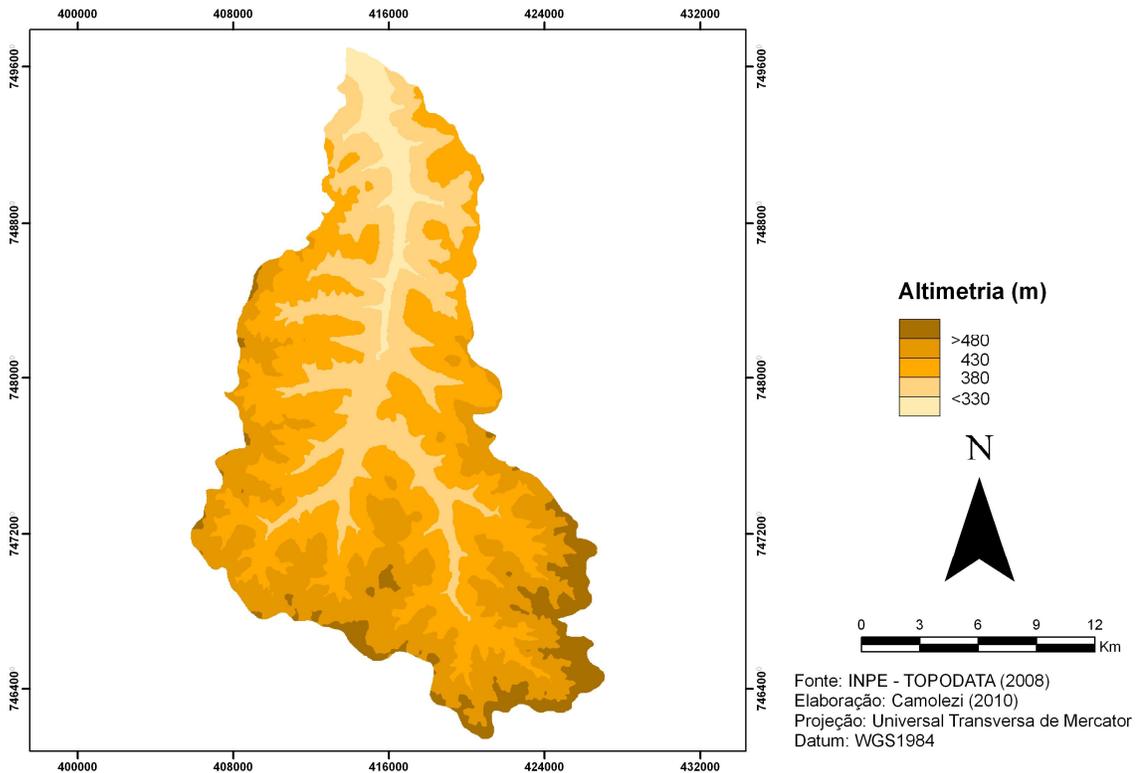


**Figura 5:** Compartimentos Geomorfológicos da bacia hidrográfica do ribeirão Santo Inácio – PR.

As altitudes da BRSI estão compreendidas entre 284,1 m e 542,9 m (Figura 6), apresentando assim, amplitude altimétrica de 258,8 m. Percebe-se nítida relação entre as altitudes e as unidades geológicas apresentadas na figura 3.

Quanto às declividades (Figura 7), elas apresentam-se de maneira acentuada. As classes de declividade foram definidas de acordo com a interpretação do histograma gerado pela ferramenta *3D Analyst Tool* do software ArcGIS® v. 9.3. As classes definidas foram:

menor que 6%, entre 6 e 12%, entre 12 e 20%, entre 20 e 30% e maior do que 30%. As áreas com maiores declividades estão associadas ao entalhe dos rios, de modo que se pode supor a influência da dissecação vertical dos afluentes do ribeirão Santo Inácio.



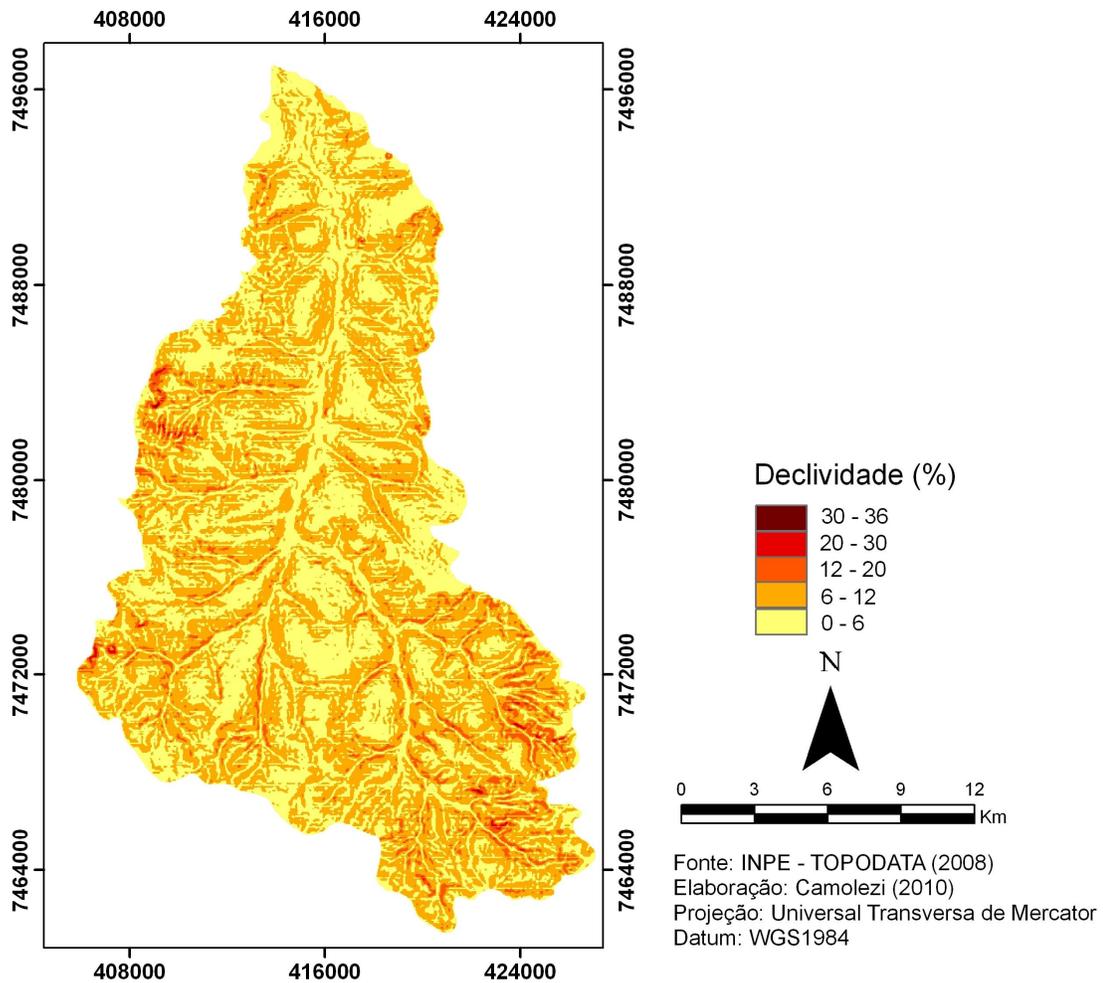
**Figura 6:** Variação hipsométrica da bacia hidrográfica do ribeirão Santo Inácio – PR.

As áreas mais íngremes da bacia, com declividades superiores a 20 %, estão localizadas na porção sudeste da bacia onde se verificam altos estruturais, alta densidade de drenagem e lineamentos estruturais de diversas direções.

O levantamento de dados morfométricos da bacia foi efetuado por diversos autores, tais como, Serikawa;Volkmer (2010), Serikawa *et al.* (2010), Sordi; Fortes (2010), e Sordi; Camolezi (2010),

Serikawa;Volkmer (*op.cit.*) abordaram um estudo morfométrico levando em consideração dados de dissecação horizontal e dissecação vertical, conforme metodologia proposta inicialmente por Spiridonov (1981) e adaptada à cartografia digital por Zacharias (2001). Ainda sob esta mesma abordagem, Serikawa *et al.*(2010, p.2), na análise da Carta de Dissecação Horizontal – CDH (Figura 8), puderam avaliar o processo de dissecação lateral provocado pelos rios sobre a superfície em estudo. A CDH, para Cunha (2001), constitui em

uma importante ferramenta que auxilia na avaliação da fragilidade do terreno através da atuação de processos morfogênicos.

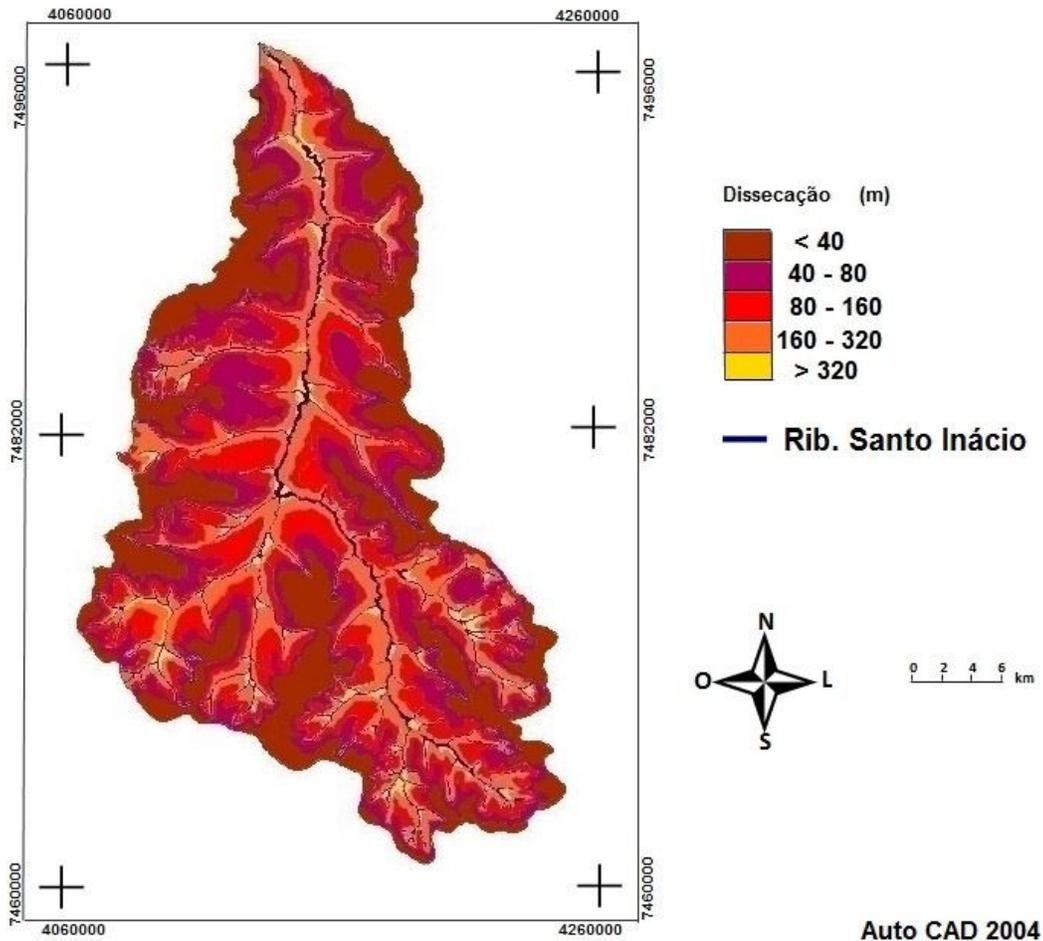


**Figura 7:** Variação clinométrica da bacia hidrográfica do ribeirão Santo Inácio – PR.

De acordo com Serikawa;Volkmer (2010), foram definidas cinco classes de dissecação horizontal, sendo elas: menor que 40 metros, entre 40 e 80 metros, entre 80 e 160 metros, entre 160 e 320 metros e maior do que 320 metros. Os autores afirmam que as duas classes inferiores são dominantes, ocorrendo no setor à jusante da BRSI.

Acredita-se que processos erosivos foram responsáveis pelo alargamento do canal principal e dos afluentes do ribeirão Santo Inácio, com predomínio nas áreas do médio curso e à jusante da bacia, fato este que pode ser verificado na figura 8. Segundo os autores, formaram-se vales abertos que permitiram um grande aporte sedimentar, onde o processo de acreção dominante em algum momento foi potencializado pela construção da usina hidrelétrica de Taquaruçu na década de 1980.

As maiores classes de dissecação horizontal encontram-se na parte sudeste da BRSI (Figura 8), onde ocorrem as maiores altitudes e maiores declividades, bem como maior densidade de drenagem, lineamentos estruturais e controle estrutural.



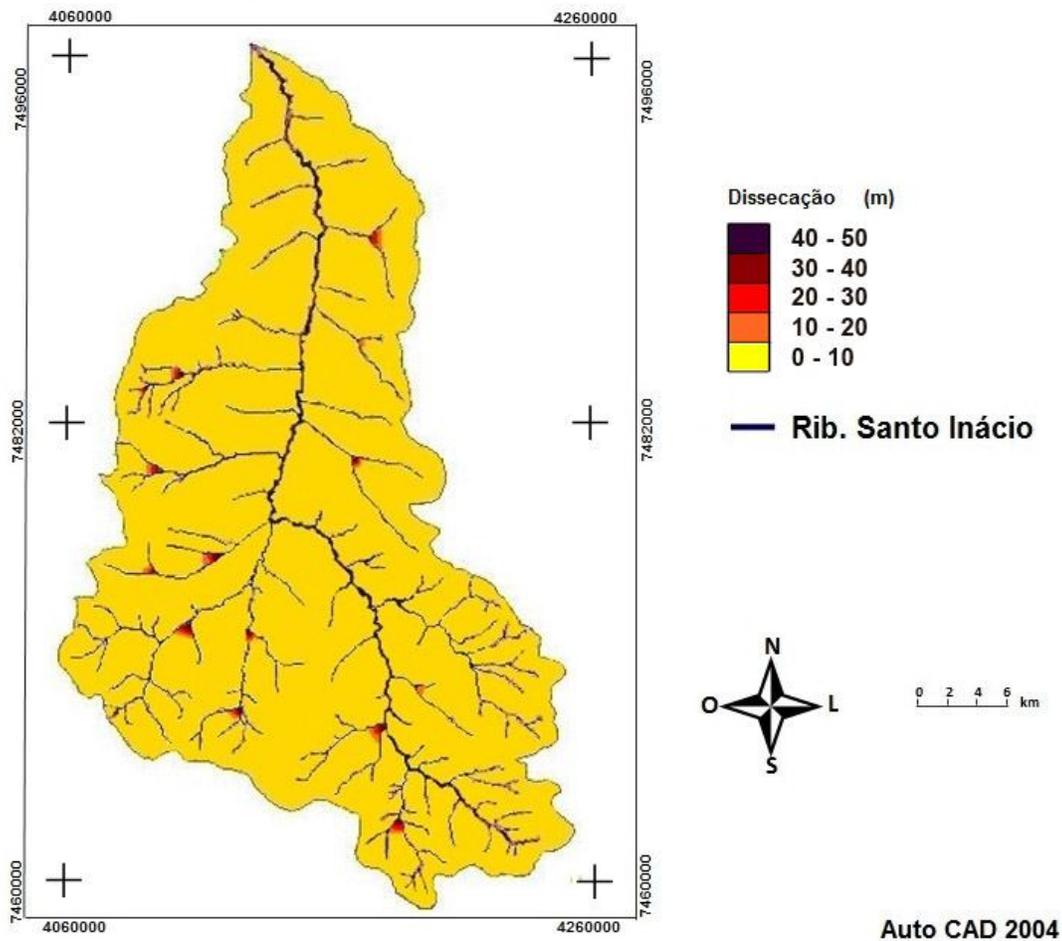
**Figura 8:** Dissecação horizontal da bacia hidrográfica do ribeirão Santo Inácio – PR.

**Fonte:** Serikawa; Volkmer (2010)

Em relação à Carta de Dissecação Vertical – CDV (Figura 9), Serikawa *et al.* (2010, p. 3) apontaram a presença de cinco classes: de 0 a 10 metros, de 10 a 20 metros, de 20 a 30 metros, de 30 a 40 metros, e de 40 a 50 metros. Destas, predomina a classe 0 – 10 m, que ocorre em quase toda a extensão da área de estudo, exceto em alguns pontos de bifurcação da rede de drenagem, onde se verifica ligeiro aumento na dissecação vertical.

A distribuição das classes de maior dissecação horizontal, e vertical, tem relação genética com a natureza morfotectônica e morfoestrutural da bacia do ribeirão Santo Inácio. Onde se verificam as classes mais elevadas de dissecação, tanto vertical quanto horizontal, há

evidências de controle estrutural, justificados pela maior densidade de lineamentos estruturais, drenagem subsequente, e presença de altos estruturais. Assim, o fator tectônico acaba determinando, localizadamente, a maior intensidade do processo erosivo. Na área do alto curso, a erosão está mais evidente; no médio e baixo curso do ribeirão Santo Inácio, o processo erosivo está acompanhado de perto pelo processo deposicional. Este processo encontra-se particularmente evidente na área do baixo curso, provavelmente por influencia da modificação da hidrodinâmica do ribeirão Santo Inácio, por ocasião da construção da Usina Hidroelétrica de Taquaruçu, na década de 1980.



**Figura 9:** Dissecação vertical da bacia hidrográfica do ribeirão Santo Inácio – PR.

**Fonte:** Serikawa; Volkmer (2010).

#### 4.2.2.2 Análise Morfoestrutural

A análise morfoestrutural é um tipo de análise das formas do relevo que abrange feições passivas, resultantes de deformações do passado. Etchebere *et al.* (2005) ainda ressaltam que “[...] na geometria dessas deformações existe um acomodamento dos elementos

do relevo, especialmente da posição e padrão dos cursos d'água, refletindo a disposição dos corpos rochosos ou de seus estratos e estruturas”.

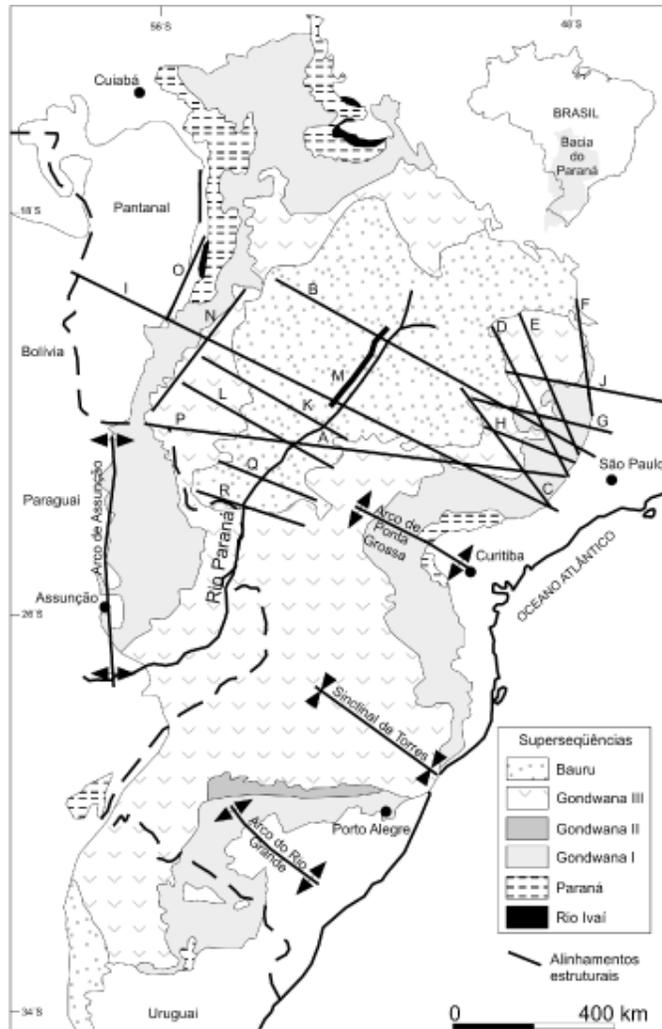
De acordo com Jimenez-Rueda *et al.* (1993) a análise morfoestrutural é fundamental para estabelecer a dinâmica da paisagem e compreender a sua evolução, bem como suas potencialidades e restrições, para que se possa planejar diversas formas de uso e ocupação em concordância com o seu potencial ambiental.

Vários estudos de caráter estrutural-tectônico estão sendo realizados há décadas. Dentre eles, podemos dar ênfase àqueles que contribuem para o conhecimento geológico-geomorfológico da Bacia do Paraná, dos quais destacamos: Fúlfaro (1974), Asmus (1975, 1978, 1981), Almeida (1980), Ferreira *et al.* (1981), Ferreira (1982), Fúlfaro *et al.* (1982), Soares *et al.* (1982), Bacoccoli;Aranha (1984), Zalán *et al.* (1990) e mais recentemente Fortes (2003), Etchebehere *et al.* (2005), Fortes *et al.* (2008) Manieri (2010) e Santos (2010).

A análise morfoestrutural da bacia do ribeirão Santo Inácio foi objeto de estudo de Camolezi;Volkmer (2010) e Camolezi *et al.* (2010), que derivou em um mapeamento das feições lineares do relevo, os chamados lineamentos estruturais, representados por falhas, zonas de cisalhamento, corpos intrusivos, fraturas, horsts, grabens e domos.

Para Hudgson, (1974 *apud.* Souza Jr., 1999), o termo lineamento é definido como uma linha do relevo significativa, que representa a arquitetura oculta do embasamento rochoso. Um lineamento é considerado uma feição mapeável da superfície, linearmente simples ou composta, que está alinhada de forma retilínea ou suavemente encurvada.

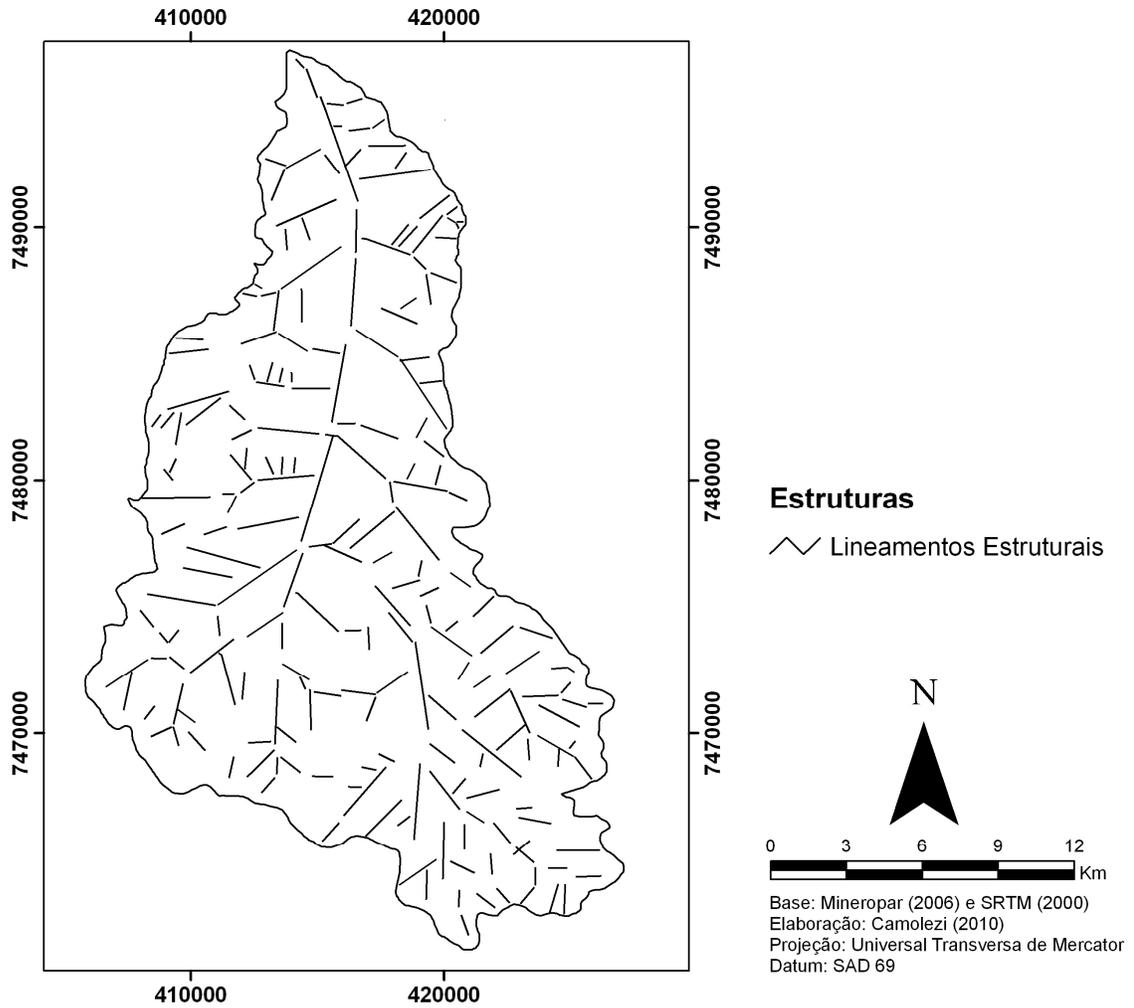
Quanto às estruturas regionais, a BRSI insere-se entre a falha de Santo Anastácio, sentido NW-SE (Zalán *et al.*, 1990), o alinhamento estrutural do Paranapanema, sentido E-W (Fúlfaro, 1974), e a falha de São Jerônimo-Curiúva, sentido NW-SE (Zalán *et al.*, op. cit.). Nenhum destes lineamentos transectam a área de estudo, mas foram responsáveis pela dinâmica geomorfológica regional. A figura 10 apresenta as principais estruturas (lineamentos, alinhamentos, falhas) da Bacia Sedimentar do Paraná, conforme Sallun *et al.* (2007).



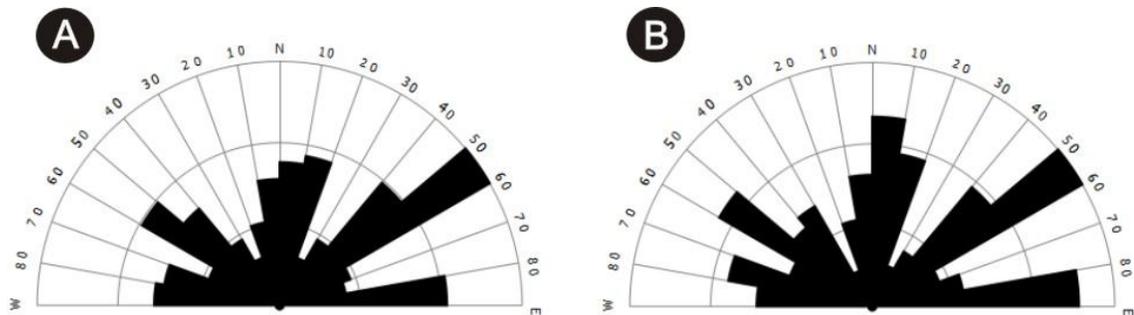
**Figura 10:** Geologia simplificada da Bacia Sedimentar do Paraná com distribuição temporal das diversas unidades de seu registro estratigráfico (Milani e Ramos, 1998) e principais alinhamentos estruturais da Bacia Sedimentar do Paraná (Riccomini, 1997; Fúlfaro e Perinotto, 1994). **A.** Rio Paranapanema; **B.** Rio Tietê; **C.** Ibitinga-Botucatu; **D.** Rio Moji-Guaçu; **E.** Ribeirão Preto – Campinas; **F.** Rifaina – São João da Boa Vista; **G.** São Carlos – Leme; **H.** Barra Bonita – Itu; **I.** Guapiara; **J.** Cabo Frio; **K.** São Jerônimo – Curiúva; **L.** Paranapanema; **M.** Sutura crustal de Três Lagoas; **N.** Serra de Maracaju; **O.** Sutura crustal de Coxim; **P.** Rio Alonzo; **Q.** Amambaí – Ribeirão do Veado; **R.** Rio Piquiri. **Fonte:** Sallun *et al.* (2007).

Na área de estudo foram extraídos ao todo 247 lineamentos (Figura 11), coincidindo estes com canais retilíneos de drenagem ou com topos de vertentes. Estes lineamentos apresentam as mais variadas direções, porém destacam-se alguns de direções E-W, e outros de direção N40-60E. A análise descritiva dos lineamentos extraídos pode ser observada na Tabela 6. A representação gráfica dos lineamentos listados na Tabela 6 encontra-se registrada nos diagramas de rosetas (Figuras 12a e 12b) de frequência absoluta e comprimento absoluto.

Foram utilizados estes dois parâmetros de análise, tendo em vista que os demais (desvio padrão, comprimento relativo, etc.) são de relevância secundária para o presente trabalho.



**Figura 11:** Lineamentos Estruturais da bacia hidrográfica do ribeirão Santo Inácio – PR.



**Figura 12:** Diagramas de Roseta. a) Frequência Absoluta; b) Comprimento Absoluto.

**Tabela 6:** Análise descritiva dos lineamentos estruturais da bacia do ribeirão Santo Inácio – PR.

| Direção dos Lineamentos | Freq. Absoluta | Comp. Absoluto (m) | Comp. Médio (m) |
|-------------------------|----------------|--------------------|-----------------|
| N70-80E                 | 8              | 11.224,35          | 1.403,04        |
| N60-70E                 | 9              | 8.677,40           | 964,16          |
| N50-60E                 | 29             | 29.608,05          | 1.020,97        |
| N40-50E                 | 19             | 18.891,25          | 994,28          |
| N30-40E                 | 9              | 7.671,79           | 852,42          |
| N20-30E                 | 6              | 5.231,23           | 871,87          |
| N10-20E                 | 18             | 18.757,40          | 1.042,08        |
| N0-10E                  | 17             | 23.015,18          | 1.353,83        |
| N0-10W                  | 15             | 15.957,86          | 1.063,86        |
| N10-20W                 | 10             | 10.631,56          | 1.063,16        |
| N20-30W                 | 6              | 4.573,66           | 762,28          |
| N30-40W                 | 9              | 14.022,63          | 1.558,07        |
| N40-50W                 | 15             | 12.492,02          | 832,80          |
| N50-60W                 | 19             | 21.560,77          | 1.134,78        |
| N60-70W                 | 9              | 10.694,96          | 1.188,33        |
| N70-80W                 | 14             | 17.825,80          | 1.273,27        |
| E-W                     | 35             | 39.332,6           | 1.100,9         |
| <b>TOTAL</b>            | <b>247</b>     | <b>270.168,51</b>  | <b>1.087,83</b> |

**Fonte:** Adaptado de Camolezi; Volkmer (2010).

Pode-se observar que os lineamentos extraídos da BRSI, (Figura 11), apresentam-se, de um modo geral, de maneira caótica; entretanto, percebem-se dois agrupamentos de lineamentos. Um deles é o de direção E-W (que inclui também os de direções N90E e N90W), e o outro, de direção N50-60E. Os lineamentos de direção NW são pouco representativos na área de estudo, diferentemente dos que se apresentam na porção central e nordeste do estado do Paraná, onde ocorre o enxame de diques de diabásio.

Segundo Zalán *et al.* (1990), os lineamentos de direção E-W são um dos principais da bacia sedimentar do Paraná, sendo que incluem: o Lineamento de Cassilândia, o Lineamento Moji-Guaçu-Dourados, o Lineamento de São Sebastião, o Lineamento de Taquara Verde, e o Lineamento Bento Gonçalves (Ibid.).

Na área de estudo foram observados 35 lineamentos de direção E-W, totalizando um comprimento de pouco mais de 39.000 metros. Estes lineamentos representam pouco mais de 14% do total (Figura 12a), e eles possuem um tamanho médio de 1.123 metros; os lineamentos menores têm tamanhos entre 529~722m, e os maiores, entre 2.721~2.842m (Figura 12b).

Em relação aos lineamentos de direção NE Zalán *et al.* (op. cit.) descreve-os como sendo uma das principais direções de lineamentos da bacia sedimentar do Paraná, sendo “claramente derivados de dois cinturões móveis Brasileiros”. Foram identificados pelo autor, grandes lineamentos nessa direção: Lineamento Transbrasileiro, Lineamento de Araçatuba, Falha de Guaxupé, Falha de Jacutinga, Zona de falha de Taxaquara, Zona de falha Lancinha-Cubatão, Zona de falha Blumenau-Soledade, Falha do Leão e Falha de Açotea. Na área de estudo nenhum destes lineamentos encontra-se presente.

Na análise dos diagramas de roseta de frequência absoluta (Figuras 13a, 13c, 13e, 13g), os lineamentos de direção NE encontram-se distribuídos uniformemente em todos os Compartimentos Geomorfológicos. Os lineamentos de direção E-W situam-se predominantemente nos compartimentos PBSI (Planalto Baixo de Santo Inácio) e PMI (Planalto médio de Imbiçaba), como podem ser observados na Figura 5.

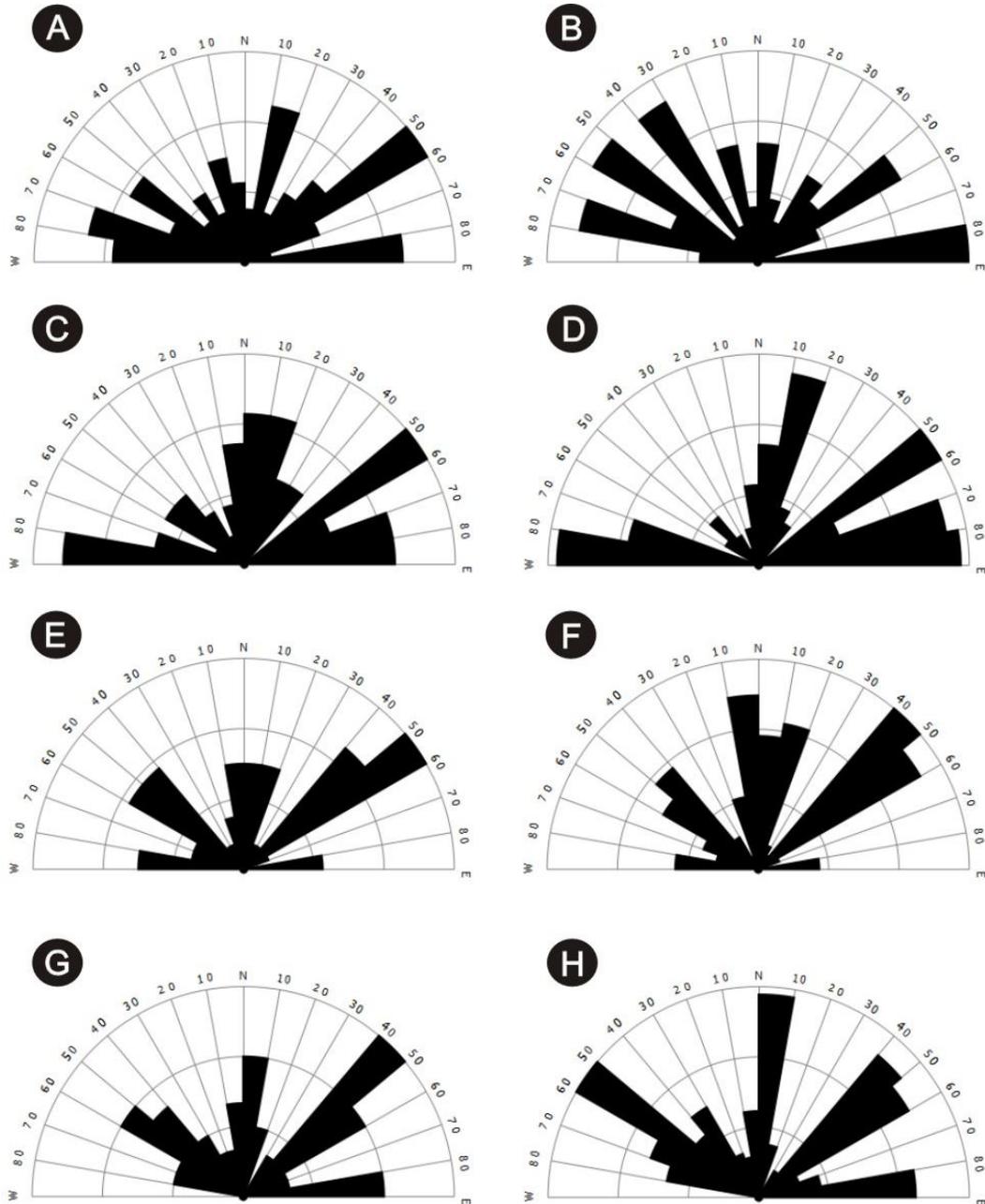
Nos diagramas de roseta de comprimento absoluto (Figuras 13b, 13d, 13f, 13h) verificou-se uma maior variação no comprimento, diferentemente dos diagramas de frequência absoluta. O comprimento absoluto dos lineamentos de direção E-W, verificados em PBSI e PMI, são maiores, sendo eles menos representativos em tamanho, nos compartimentos PAAA e PAM (Planalto Alto de Alto Alegre e Planalto Alto de Mendelândia, respectivamente), observados na Figura 5.

A partir da espacialização dos lineamentos extraídos da TOPODATA (INPE) e da sobreposição de outros dados como a hipsometria e a declividade, além da rede de drenagem, foi possível a elaboração da carta morfoestrutural da bacia do ribeirão Santo Inácio (Figura 14). Foram identificados domínios morfoestruturais de maior significância, com ocorrência de alto-baixos estruturais e topográficos.

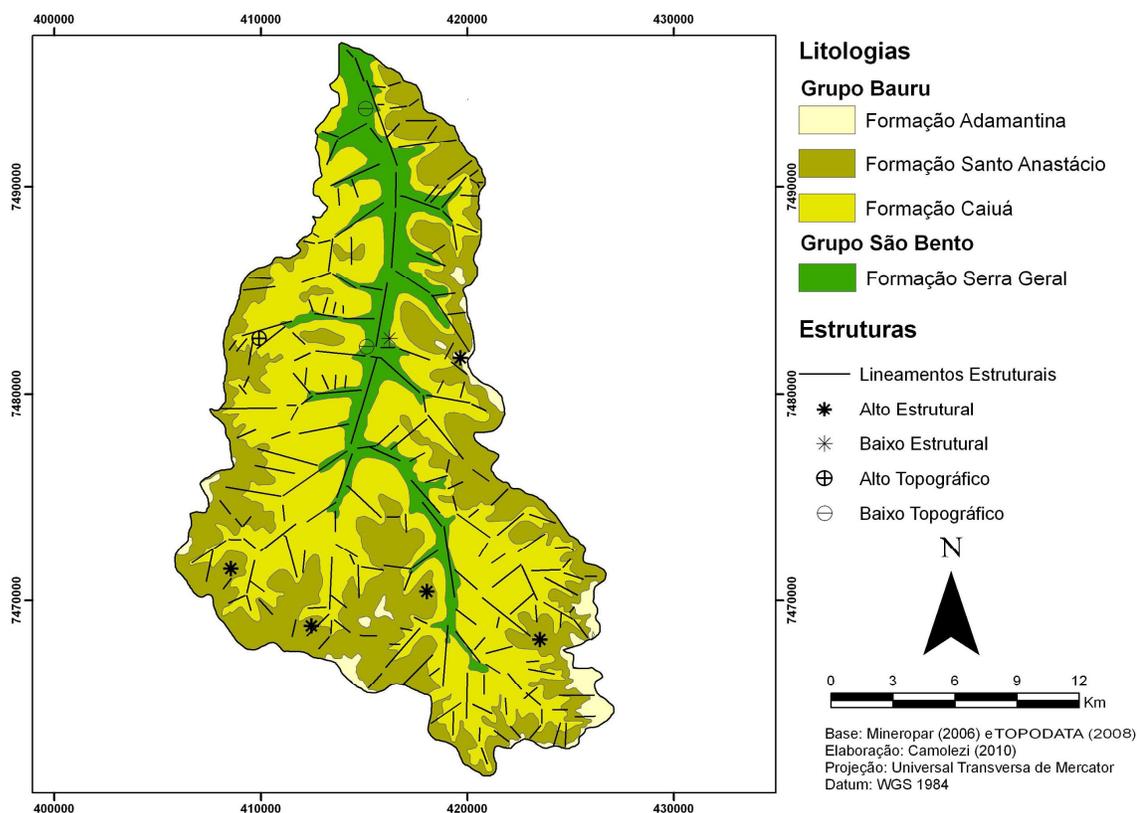
No compartimento CG1 (PBSI) há um baixo topográfico situado na parte Norte do mesmo, junto à foz do ribeirão Santo Inácio. Na parte centro-leste deste compartimento verifica-se, da borda para o centro da bacia, um alto e um baixo estrutural. Em CG2 (PMI) ocorre apenas alto e baixo topográfico, da margem para o centro da bacia respectivamente, este domínio pode ser observado na carta morfoestrutural da BRSI, Figura 14.

Os baixos topográficos são áreas com baixas altitudes, porém sem influência de estruturas geológico-geomorfológicas regionais. Nestas áreas predominam os processos de agradação. Ao longo de toda a borda sul da BRSI, onde ocorrem os compartimentos CG3 e CG4 (Planalto Alto de Alto Alegre e Planalto Alto de Mendelândia respectivamente), é evidente o controle estrutural. Lá se verifica maior densidade de drenagem e de lineamentos,

sendo a drenagem comumente controlada estruturalmente; este controle é verificado também pela presença de altos estruturais (Figura 14). Por esta razão, nos referidos compartimentos (CG3 e CG4) predominam os processos de dissecação, em relação aos de acreção.



**Figura 13:** Diagramas de Rosetas dos lineamentos divididas por compartimentos geomorfológicos. a) Frequência Absoluta dos lineamentos do PBSI\*; b) Comprimento Absoluto dos lineamentos do PBSI; c) Frequência Absoluta dos lineamentos do PMI\*; d) Comprimento Absoluto dos lineamentos do PMI; e) Frequência Absoluta dos lineamentos do PAAA\*; f) Comprimento Absoluto dos lineamentos do PAAA; g) Frequência Absoluta dos lineamentos do PAM\*; h) Comprimento Absoluto dos lineamentos do PAM. \*PBSI (Planalto Baixo de Santo Inácio); PMI (Planalto Médio de Imbiçaba); PAAA (Planalto Alto de Alto Alegre); PAM (Planalto Alto de Mendelândia).



**Figura 14:** Morfoestruturas da bacia hidrográfica do ribeirão Santo Inácio – PR.

#### 4.2.2.3 Evolução Morfoclimática

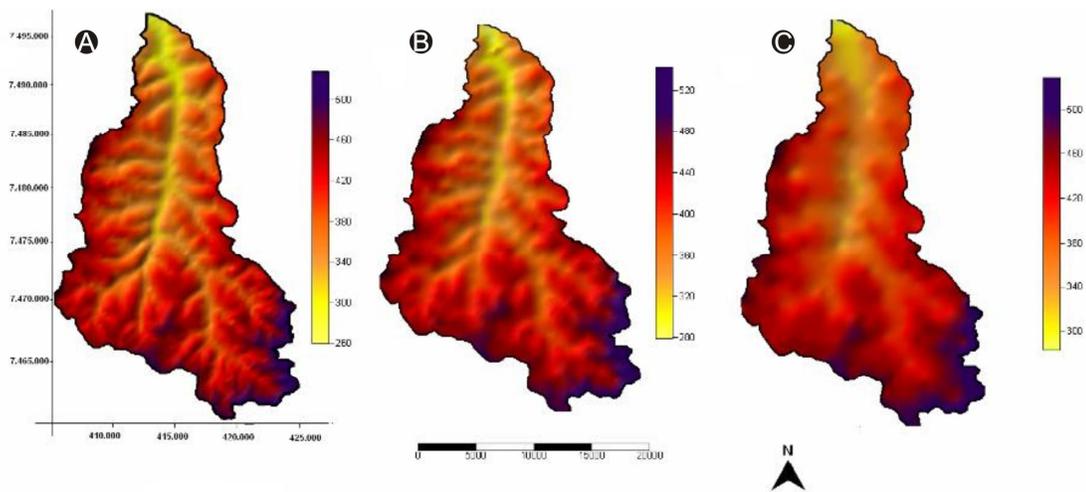
A alternância climática que se sucedeu no período do Quaternário, teve grande influência na evolução do quadro geomorfológico do Brasil. Essas alterações se deram por climas úmidos, que correspondem aos períodos glaciais, e climas secos, correspondentes a períodos interglaciais.

Segundo Sordi;Fortes (2010, p. 28), no Paraná, foram reconhecidos três principais episódios de pediplanação (King, 1956; Bigarella;Andrade, 1965), denominados Pd<sub>3</sub>, Pd<sub>2</sub> e Pd<sub>1</sub>, e Pd<sub>0</sub>, reconhecido por Justus (1985). Além disso, aparecem ainda dois episódios de pedimentação, P<sub>2</sub> e P<sub>1</sub> que correspondem a fases climáticas mais secas.

Em trabalho desenvolvido por Sordi;Fortes (*op. cit.*, p. 28), estes associam os interflúvios mais elevados da BRSI, cujas cotas altimétricas chegam a 530m, com a superfície Pd<sub>1</sub>. O nível Pd<sub>0</sub> corresponderia ao nível encontrado junto à foz do ribeirão Santo Inácio no rio Paranapanema, onde ocorrem altitudes em volta de 280 m.

A fim de se estabelecer uma reconstituição do paleo-relevo utilizando dados altimétricos atuais, Sordi;Fortes (2010) empregaram a técnica de seppômen, desenvolvida no Japão por Huzita;Kasama (1977) e introduzida no Brasil por Motoki *et al.* (2007).

A técnica de seppômen, conhecida também pelo termo nivelamento de topos, consiste em se estabelecer uma malha de 0,5 km<sup>2</sup> ou de 1 km<sup>2</sup>, da qual são retirados os pontos de maior altitude. Através destes pontos, são interpoladas novas curvas de nível, e a partir destas, a construção de um modelo digital de elevação. Esta técnica foi aplicada na bacia do ribeirão Santo Inácio por Sordi;Fortes (2010) e os resultados podem ser observados nas figuras 15b e 15c.



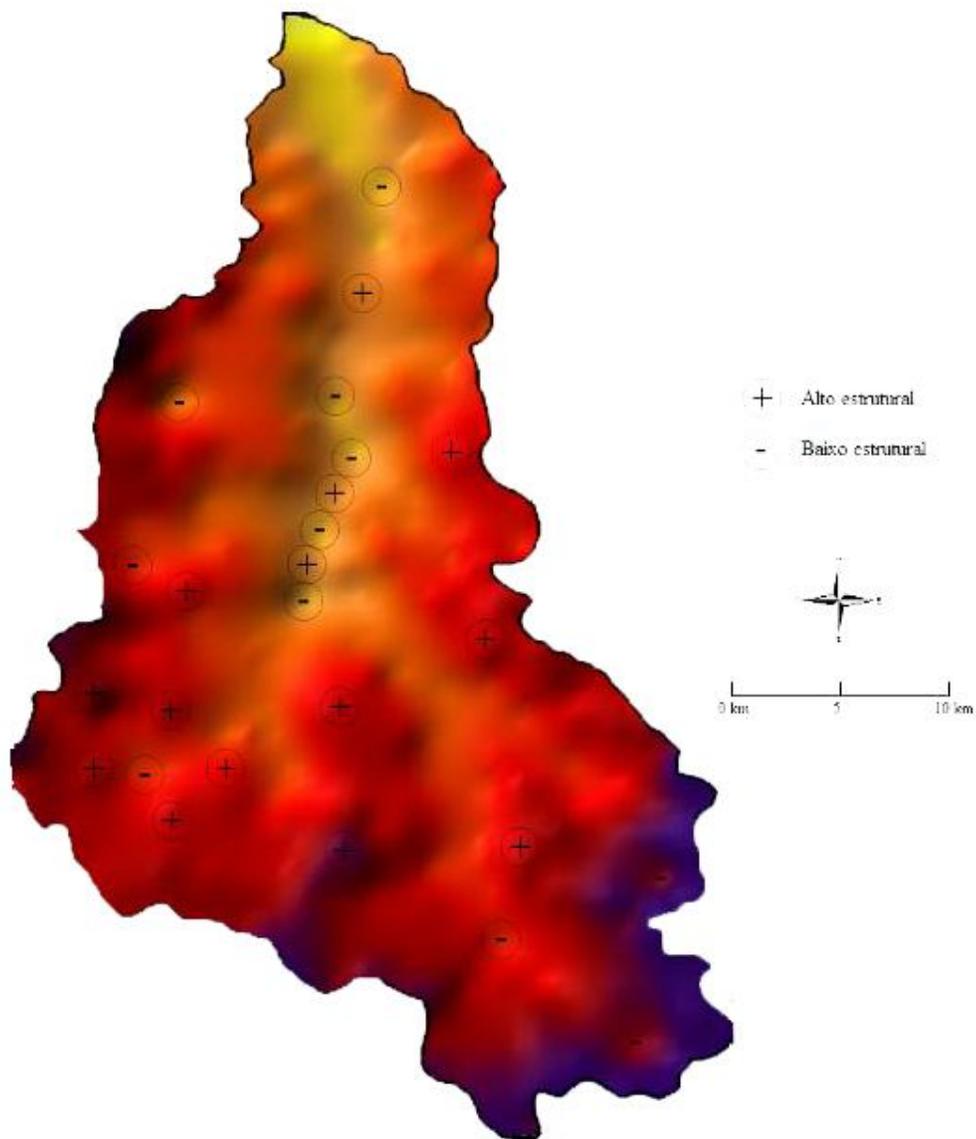
**Figura 15:** Mapas de Seppômen da BRSI. a) configuração atual do relevo; b) configuração do relevo com malha de 0,5 km<sup>2</sup>; c) configuração do relevo com malha de 1 km<sup>2</sup>.

**Fonte:** Adaptado de Sordi;Fortes (2010).

Percebe-se, através dos modelos expostos, que quanto maior a malha, mais suavizado é o relevo. Na figura 15c provavelmente os tributários do ribeirão Santo Inácio não estavam instalados, visto que não há dissecação aparente no modelo apresentado.

No modelo apresentado com malha de 0,5 km<sup>2</sup> (Figura 15b), o relevo se apresenta de maneira mais semelhante ao atual, e provavelmente vários canais de drenagem já estariam instalados. Estes canais instalaram-se após o rompimento dos altos estruturais e posterior conexão das zonas depressionárias.

Sordi;Fortes (*op. cit.*) ressaltam ainda, a presença de altos e baixos estruturais verificados no Seppômen de malha 1 km<sup>2</sup>, estando estes associados à intensa evolução geoquímica da paisagem (Figura 16). A influência dos processos geoquímicos na evolução da paisagem é evidenciada por espessos mantos de alteração pedogenizados, que constituem principalmente os latossolos, e cujas espessuras podem chegar a mais de 4 metros.



**Figura 16:** Configuração dos altos e baixos estruturais da área de estudo, conforme a malha de 1 km<sup>2</sup> do mapa de seppômen.

**Fonte:** Adaptado de Sordi;Fortes (2010).

### 4.2.3 Clima

O Estado do Paraná encontra-se localizado entre os paralelos de 22°30'S e 26°45'S. O trópico de capricórnio corta o Norte do estado, passando por algumas cidades como Apucarana, Araçongas e Maringá. Estes dados inserem o Paraná em uma zona de transição entre os domínios climáticos, tropical e subtropical.

As temperaturas do estado, bem como a precipitação pluviométrica, têm relação com a latitude, a altitude, e a continentalidade. As temperaturas se mostram mais amenas ao sul, com

maior índice de pluviosidade, enquanto ao norte/noroeste, as temperaturas são mais elevadas e o índice pluviométrico é menor.

De acordo com a classificação climática estabelecida por Köppen;Geiger (1928), a BRSI se encontra em um domínio Subtropical Cfa e Cwa, onde a primeira letra denota a característica geral do clima de uma região, a segunda letra corresponde às particularidades do regime pluviométrico, e a terceira, a média da temperatura dos três meses mais quentes. Sendo assim, Cfa corresponde a um clima temperado úmido com verões quentes, e Cwa a um clima temperado úmido com inverno seco e verão quente.

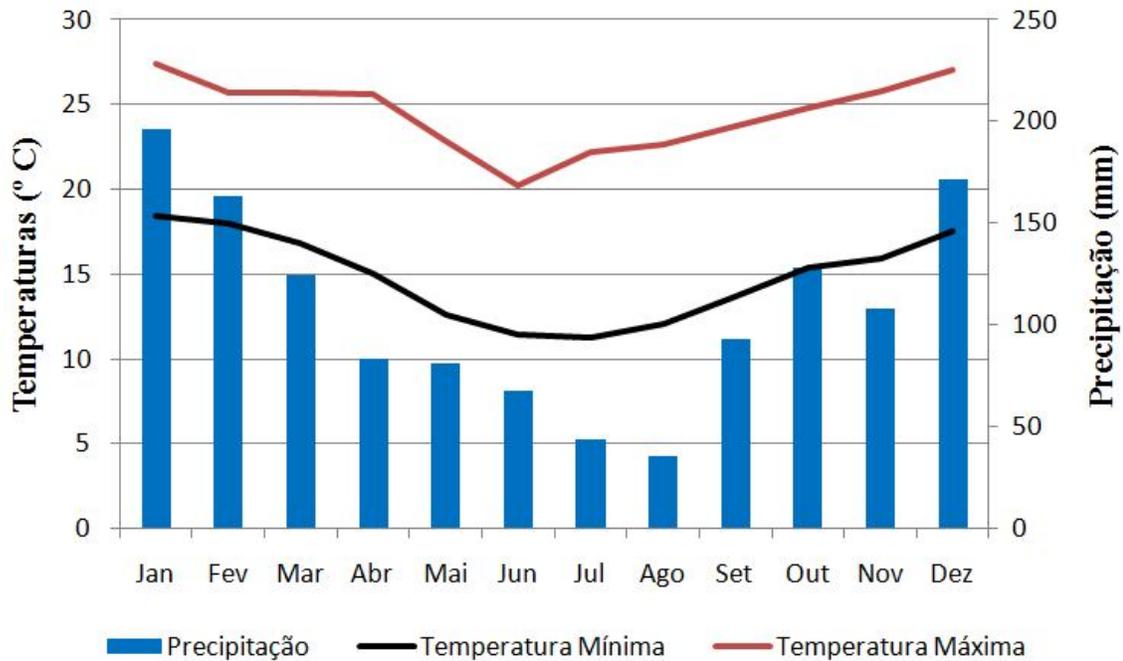
Em Cfa, a temperatura média referente aos três meses mais frios varia entre  $-3^{\circ}\text{C}$  e  $18^{\circ}\text{C}$ , com ocorrência de precipitação em todos os meses do ano; não há estação de seca definida, e a temperatura média no mês mais quente é superior a  $22^{\circ}\text{C}$ . Em Cwa as características se repetem, exceto pela maior ocorrência de chuvas nos meses do verão. A tabela 7 mostra a variação de temperatura mínima, máxima, média e precipitação ao longo de uma série histórica entre 1961 e 1990, dos municípios que estão inseridos ao longo da bacia hidrográfica do ribeirão Santo Inácio. Os gráficos 5, 6 e 7 representam os climogramas de Colorado e Santa Inês, Santo Inácio e Cafeara e Guaraci e Nossa Senhora das Graças respectivamente.

**Tabela 7:** Dados climáticos da bacia do ribeirão Santo Inácio - PR

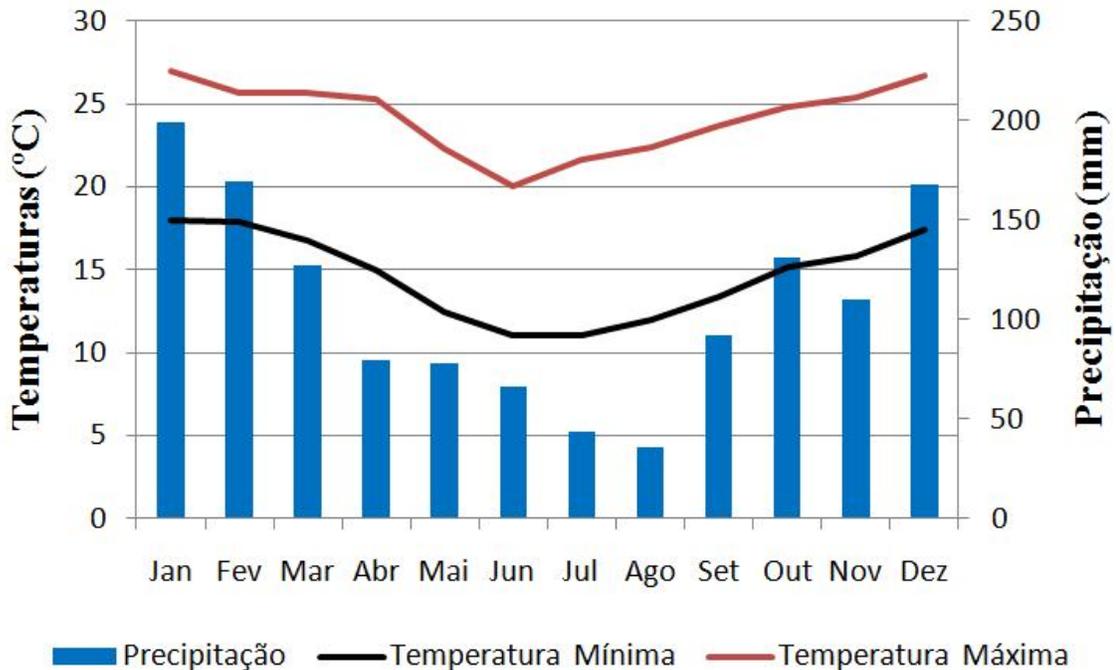
| Município               | Temp. Mín ( $^{\circ}\text{C}$ )* | Temp. Máx ( $^{\circ}\text{C}$ )** | Temp. Méd ( $^{\circ}\text{C}$ ) | Precip.(mm) |
|-------------------------|-----------------------------------|------------------------------------|----------------------------------|-------------|
| Colorado                | 14,84                             | 24,45                              | 19,64                            | 1295,9      |
| Santo Inácio            | 14,68                             | 24,22                              | 19,45                            | 1299,8      |
| Santa Inês              | 14,84                             | 24,45                              | 19,64                            | 1295,9      |
| Cafeara                 | 14,68                             | 24,22                              | 19,45                            | 1299,8      |
| Guaraci                 | 14,05                             | 23,15                              | 18,6                             | 1308,9      |
| Nsa. Senhora das Graças | 14,05                             | 23,15                              | 18,6                             | 1308,9      |

**Fonte:** Somar Metereologia (2010); **Elab.:** Camolezi (2010)

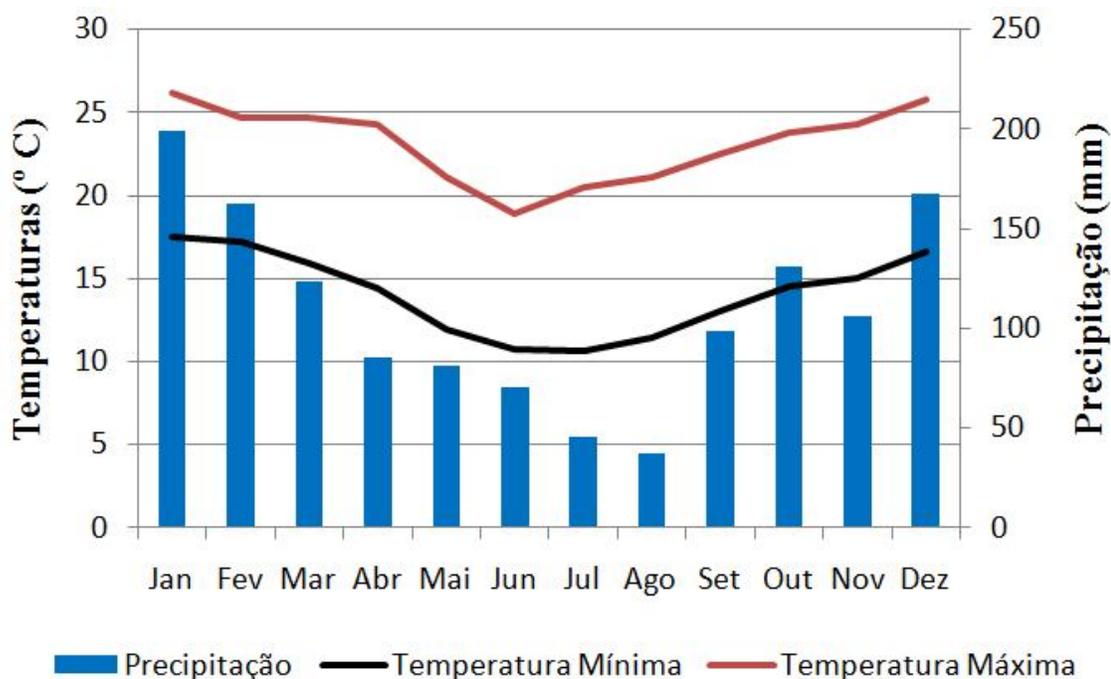
\* Média das temperaturas mínimas da série histórica; \*\* Média das temperaturas máximas da série histórica;



**Gráfico 5:** Climograma de Colorado e Santa Inês – PR  
**Fonte:** Somar Meteorologia (2010) **Elab.:** Camolezi (2010)



**Gráfico 6:** Climograma de Santo Inácio e Cafeara – PR  
**Fonte:** Somar Meteorologia (2010) **Elab.:** Camolezi (2010)



**Gráfico 7:** Climograma de Guaraci e Nossa Senhora das Graças – PR

**Fonte:** Somar Metereologia (2010) **Elab.:** Camolezi (2010)

Como observado, a variação dos dados climáticos da área de estudo é muito pequena, e as temperaturas, bem como a precipitação, variam no sentido norte-sul e também, com influência das altitudes.

Os dados de pluviosidade indicam uma maior concentração de chuvas no verão (dezembro, janeiro e fevereiro), enquanto nos meses do inverno (junho, julho e agosto), o índice se concentra em valores abaixo de 70 mm por mês, com menor pluviosidade em agosto. Neste mês os índices extremos atingem no máximo, cerca de 35 mm.

A média das temperaturas máximas chega a 24,45°C na porção oeste da BRSI, e a média das temperaturas mínimas atinge 14,05°C no flanco sudeste da área de estudo.

Os municípios de Guaraci e Nossa Senhora das Graças localizam-se na porção sudeste da bacia hidrográfica do ribeirão Santo Inácio, encontrando-se nesta área, as maiores altitudes da referida bacia. Lá ocorrem as menores temperaturas e a maior pluviosidade.

Segundo Nakashima (1999 p. 24), “os altos índices pluviométricos ocasionam problemas erosivos agressivos, e o maior potencial erosivo situa-se entre meados de setembro a meados de março, concentrando-se, portanto, na primavera e verão”.

#### 4.2.4 Solos

Vários estudos sobre os solos da região noroeste paranaense vêm sendo realizados pelo Departamento de Geografia da Universidade Estadual de Maringá, apontando tanto a

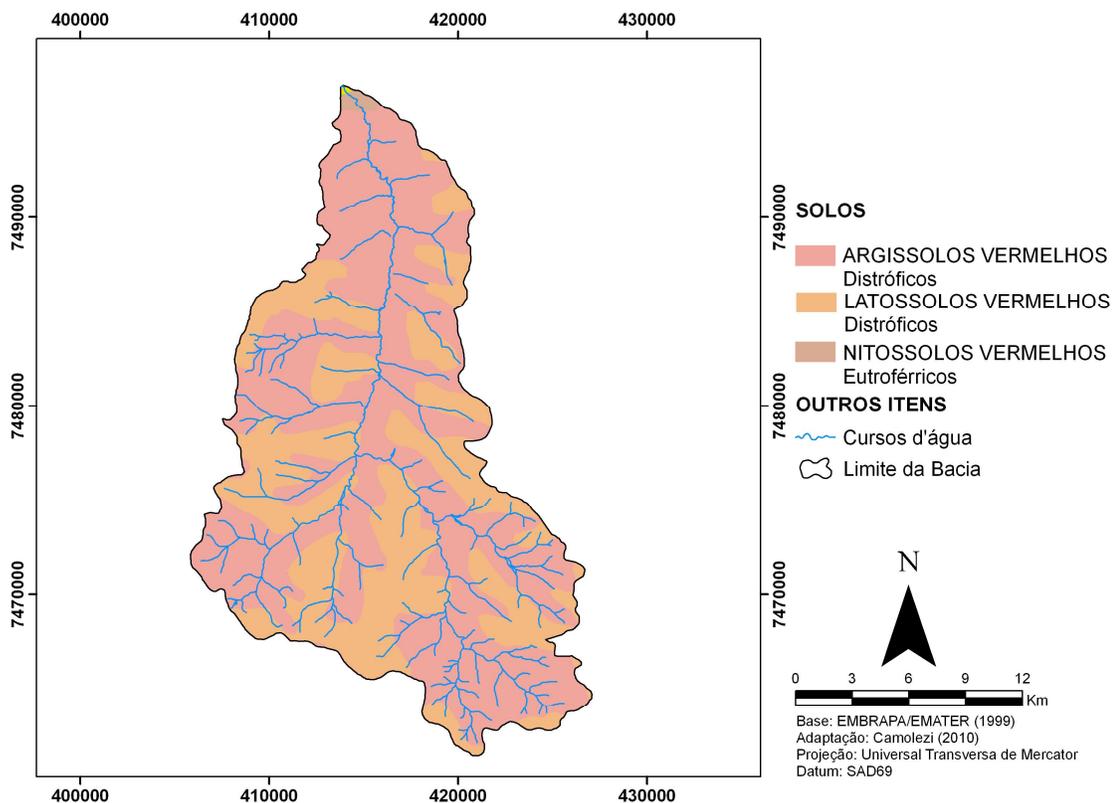
gênese, como sua degradação e ocorrência de processos erosivos. Muito embora a bacia hidrográfica do ribeirão Santo Inácio não esteja inserida na divisão político administrativa da região noroeste do Paraná, suas condições do meio físico (Geologia, Geomorfologia e Clima) são equivalentes às daquela região, podendo então, ser possível a inferência dos dados através dos estudos apresentados acima.

Conforme aponta Gasparetto (1999, p. 15), os solos que se desenvolvem sobre o arenito da Formação Caiuá apresentam textura média e arenosa e são extremamente friáveis. O substrato geológico, associado ao clima da região, deu origem a formações superficiais representadas, predominantemente, por solos bem desenvolvidos e profundos.

Nakashima (1999, p. 3), afirma que os solos destas áreas apresentam textura geralmente arenosa, onde o teor de argila varia de 10 a 20% nos horizontes B<sub>w</sub> (característico de Latossolos), e 25 a 30% nos horizontes B<sub>t</sub> (característico de Argissolos). Nos interflúvios de maior altitude predominam areias de granulometria média e grossa, e nos patamares mais rebaixados predominam as areias médias e finas. Segundo o autor, existe uma forte relação entre a declividade das vertentes e a cobertura pedológica, ficando constatada a ocorrência de Latossolo Vermelho Escuro nos interflúvios mais extensos das principais redes de drenagem, e de Argissolos Vermelho Amarelo, e Vermelho Escuro ocorrendo ao longo das vertentes, embora o Argissolo possa ocorrer desde o topo até o fundo dos vales. Nas áreas de contato geológico entre os basaltos da Formação Serra Geral e os Arenitos da Formação Caiuá, podem ocorrer o Latossolo Vermelho Escuro nos topos e altas vertentes, e o Nitossolo Vermelho nas baixas vertentes.

De acordo com o mapa de solos elaborado pela EMBRAPA;EMATER (1999) para o estado do Paraná, ocorrem na área de estudo nas altas vertentes, Latossolo Vermelho distrófico típico (LVd), de textura média, e nas médias e baixas vertentes, e Argissolo Vermelho distrófico típico (PVd), de textura arenosa a média. Próximo à foz do ribeirão Santo Inácio, onde ocorrem rochas basálticas da Formação Serra Geral, ocorre Nitossolo Vermelho eutroférico típico (NVef). O mapa de solos da BRSI pode ser visto na figura 17.

Associados aos solos descritos acima, foi observado ainda na área de estudo, presença de Neossolo Quartzarênico órtico (RQo), de textura arenosa, em algumas áreas de baixa vertente, onde o ribeirão Santo Inácio corre sobre o arenito da Formação Caiuá.



**Figura 17:** Solos da bacia hidrográfica do ribeirão Santo Inácio – PR.

Argissolos Vermelhos distróficos (PVd) – De acordo com o IBGE (2007, p. 276), os solos desta classe tem como característica marcante um aumento de argila do horizonte superficial A para o subsuperficial B, que é do tipo textural ( $B_t$ ), geralmente acompanhado de boa diferenciação também de cores e outras características. As cores do horizonte  $B_t$  variam de acinzentadas a avermelhadas e as do horizonte A, são sempre mais escurecidas. A profundidade dos solos é variável, mas em geral são pouco profundos ou profundos. São juntamente com os Latossolos, os solos mais expressivos do Brasil, sendo verificados em praticamente todas as regiões.

Os Latossolos em geral são solos muito intemperizados, profundos e de boa drenagem. Caracterizam-se por grande homogeneidade de características ao longo do perfil, mineralogia da fração argila predominantemente caulínica ou caulínica-oxídica, que se reflete em valores de relação  $K_i$  baixos, inferiores a 2,2, e praticamente ausência de minerais primários de fácil intemperização. Distribuem-se por amplas superfícies no Território Nacional, ocorrendo em praticamente todas as regiões, diferenciando-se entre si principalmente pela coloração e teores de óxidos de ferro, que determinaram a sua separação em quatro classes distintas ao nível de subordem no Sistema brasileiro de classificação de solos (EMBRAPA, 1999).

Latossolos Vermelhos distróficos (LVd) – O manual técnico de pedologia do IBGE (2007, p. 288) o descreve como apresentando grande homogeneidade de características ao longo do perfil, sendo bem drenados e de coloração vermelho-escura, geralmente bruno-avermelhado-escuro. Sua estrutura é quase sempre do tipo forte pequena granular, com aparência de “pó de café”.

A presença de quantidade significativa de óxidos de ferro (entre 180 e 400  $\text{g/Kg}^{-1}$ ) faz com que, em campo, apresente atração moderada a forte por imãs. Apresentam baixa e alta fertilidade natural (são distróficos ou eutróficos) e muitas vezes apresentam relativa riqueza em micronutrientes. São importantíssimos pelo seu elevado potencial agrícola nacional, podendo-se destacar a produção de cana-de-açúcar em São Paulo, bem como na área de estudo, e uma grande variedade de grãos na região Sul do Brasil.

Nitossolos Vermelhos eutroféricos (NVef) – Segundo o IBGE (op.cit., p. 298), trata-se de uma ordem recém-criada, caracterizada pela presença de um horizonte B nítrico ( $B_{ni}$ ), que é um horizonte subsuperficial com moderado ou forte desenvolvimento estrutural do tipo prismas ou blocos e com a superfície dos agregados reluzentes, relacionadas à cerosidade ou superfícies de compressão. Apresentam textura argilosa ou muito argilosa e a diferença textural é inexpressiva. São em geral moderadamente ácidos a ácidos com saturação por bases baixa a alta, com composição caulínítico-oxídica, em sua maioria com argila de atividade baixa, ou com atividade alta ( $>20\text{cmol}_c.\text{Kg}^{-1}$ ) associado a caráter alumínico.

Neossolo Quartzarênico órtico (RQo) – São solos constituídos por material mineral ou material orgânico pouco espesso (menos de 30 cm de espessura). Congregam solos profundos e arenosos. São muito expressivos no Brasil e comuns na região litorânea e em alguns estados do Nordeste.

Andrade (2005), afirma que o Neossolo Quartzarênico órtico é originado a partir da meteorização dos arenitos da Formação Caiuá, apresentando composição granulométrica predominantemente arenosa. Possuem estrutura fraca e problemas relativos com a drenagem, em função da proximidade do lençol freático com a superfície. São muito susceptíveis à erosão, apresentando baixo teor de matéria orgânico e baixa capacidade de agregação de partículas, não sendo indicado para o cultivo.

#### **4.2.5 Vegetação**

A cobertura vegetal original do estado do Paraná se mostrava de maneira exuberante. De acordo com Maack (1948), o Paraná apresenta alguns domínios fitogeográficos

como a Floresta Estacional Semidecidual, a Floresta Ombrófila Mista, a Floresta Ombrófila Densa, Estepe Gramíneo-Lenhosa e Savana Arborizada.

A bacia hidrográfica do ribeirão Santo Inácio insere-se na região denominada Floresta Estacional Semidecidual Submontana, ou Floresta Fluvial Subcaducifólia, sendo que a Floresta Estacional Semidecidual recebe a denominação Submontana por estar ocorrendo em altitudes entre 100 e 600 m.

Esta floresta está condicionada pela dupla estacionalidade climática; uma tropical com intensas chuvas nos meses do verão, e outra com seca fisiológica provocada pelas baixas temperaturas do inverno, com médias abaixo de 15 °C.

Segundo Veloso *et al.* (1992, p. 21), as áreas tropicais são compostas por mesofanerófitas que revestem, em geral, solos areníticos distróficos. Nas áreas subtropicais verificam-se macrofanerófitas revestindo solos basálticos eutróficos.

Veloso *et al.* (op. cit.), afirmam que nos planaltos areníticos, os ecótipos decíduais que caracterizam esta formação pertencem aos gêneros *Hymenaea* (Jatobá), *Copaifera* (óleo-vermelho), *Peltophorum* (Canafístula), *Astronium*, *Tabebuia*, e muitos outros. Porém, o gênero que aparece dominando estas regiões, principalmente no planalto paranaense e no oeste do estado de São Paulo, é *Aspidosperma*, com seu ecótipo *Aspidosperma polyneuron* (peroba-rosa).

Contudo, visto o modelo de colonização adotado nesta região do estado, a cobertura vegetal foi amplamente degradada, encontrando-se inexpressiva atualmente. A vegetação presente pode ser observada ao longo de poucos cursos d'água, estando degradada e fragmentada, não cumprindo seu papel de corredor biológico.

A ausência da cobertura vegetal ocasiona uma quebra no equilíbrio dinâmico da área estudada, aumentando o escoamento superficial da água, diminuindo a infiltração e corroborando para os processos erosivos que já se encontram favoráveis. Estes processos são favorecidos pela friabilidade do material rochoso e do tipo de uso e ocupação do solo na BRSI.

#### **4.2.6 Hidrografia**

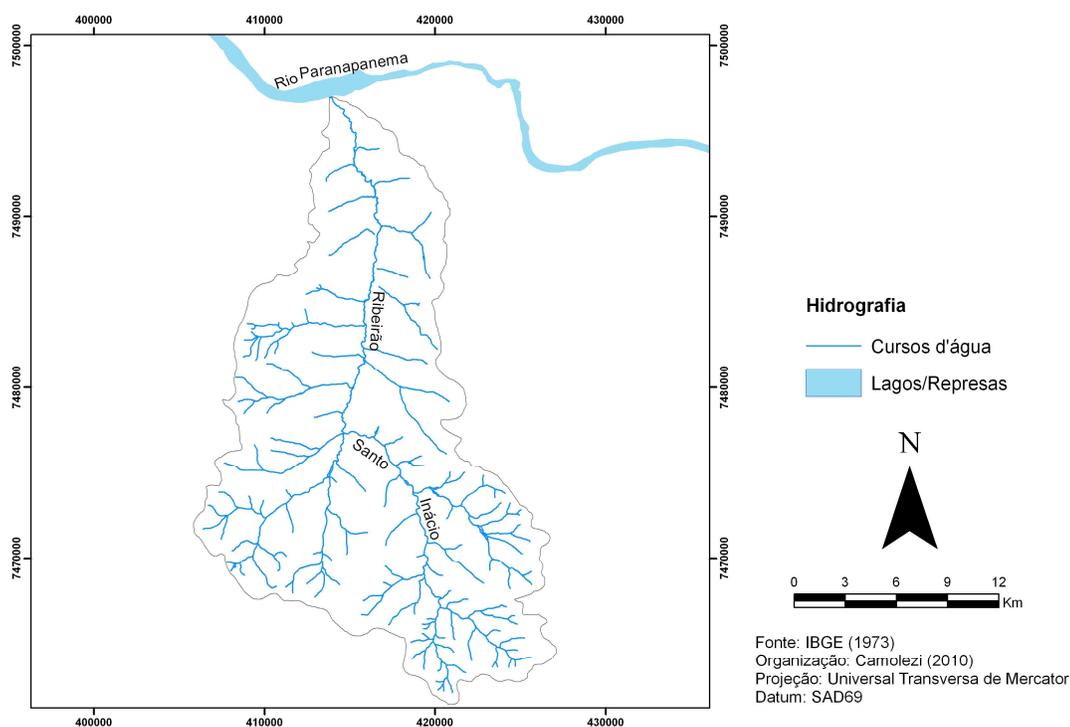
A bacia hidrográfica do ribeirão Santo Inácio drena uma área de 390,9 km<sup>2</sup>, e possui um comprimento total da rede de drenagem equivalente a 307,3 km, apresentando o ribeirão Santo Inácio, um comprimento de aproximadamente 47,5 km. De acordo com a classificação dos canais de drenagem estabelecida por Suguio e Bigarella (1990), o ribeirão Santo Inácio pode ser considerado um rio subsequente, pois o seu sentido é controlado pela

estrutura rochosa, acompanhando zonas de fraquezas, como falhas, juntas ou litologias friáveis, no caso, as litologias sedimentares das formações Caiuá, Santo Anastácio e Adamantina.

Segundo Serikawa;Volkmer (2010), os rios que compõem a bacia do ribeirão Santo Inácio, são de montante para jusante: Água Guaivira, Água do Sono, Água do Macaco, Água da Queixada, Água da Mangueirinha, Água da Represa, Ribeirão Mandacaru, Água Limpa, Ribeirão Pedregulho, Ribeirão do Canto, Água do Tiro, Água da Figueira, Água do Coqueiro, Água da Jangada e Córrego Valença, contidos na carta topográfica de Colorado (IBGE, 1978). Na carta de Santo Inácio (IBGE, 1973a), encontram-se ainda os cursos hídricos: Água São João, Água da Estiva, Água do Cedro, Água do Órico, Água do Cambarazinho, Água Bela Vista, Água da Urtiga e Água Acarai. Na carta topográfica de Centenário do Sul (IBGE, 1973b), verificam-se os seguintes cursos d'água: Água da Coruja, Água da Margarida, Água do Sino, Ribeirão Mandacaru, Água do Marimbondo, Água da Cigarra, e Água Limpa.

De acordo com Riccomini *et al.* (2000), as drenagens observadas em uma carta topográfica, fotografia aérea ou imagem de satélite, apresentam padrões bastante característicos em função do tipo de rocha e das estruturas geológicas presentes no substrato da bacia.

A rede de drenagem da bacia do ribeirão Santo Inácio (Figura 18), apresenta diferentes densidades e padrões de drenagem. A maior densidade de drenagem situa-se na porção Sudeste da BRSI, e a menor densidade, nos flancos Norte e Centro-Leste da referida bacia. Nas áreas Centro-Oeste e Sudoeste, verificam-se média densidade de drenagem. Na seção Sudeste da BRSI, o padrão de drenagem é preferencialmente dendrítico à sub-dendrítico. Verificam-se ainda, drenagens ordenadas de modo semicircular à circular, evidenciando controle estrutural. As porções Centro-Oeste e Sudoeste da bacia apresentam densidade de drenagem semelhantes (de tipo média), mas com padrão de drenagem divergente. Naquela, a drenagem é de primeira ordem, conforme classificação de Strahler (1957), e o padrão varia de paralelo a pinado; na parte Sudoeste da bacia, o padrão observado é do tipo dendrítico.



**Figura 18:** Rede de drenagem da bacia hidrográfica do ribeirão Santo Inácio – PR.

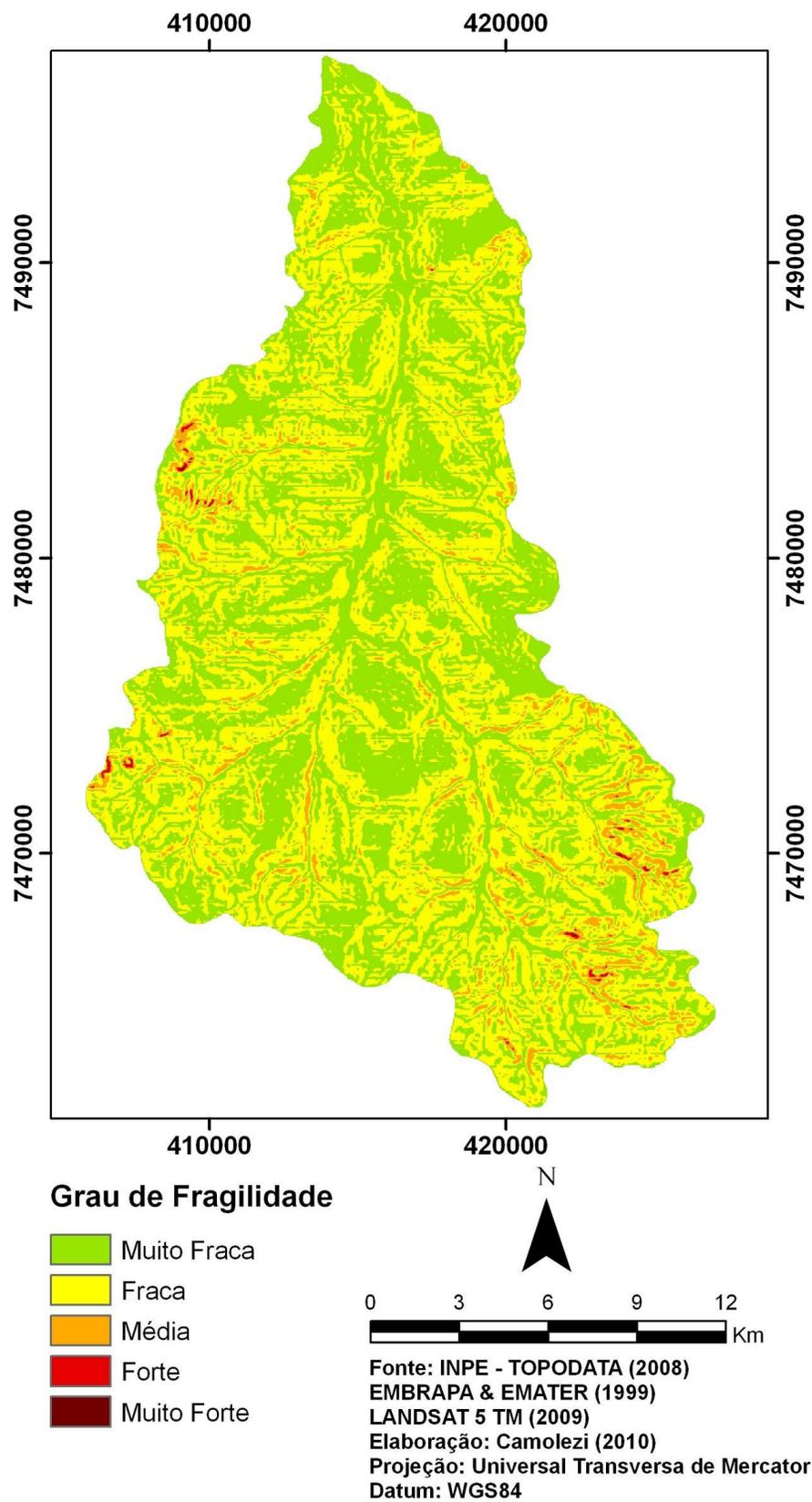
A densidade de drenagem da BRSI é de 0,79 km/km<sup>2</sup>, obtida a partir da divisão do comprimento total da rede de drenagem (307,3 km) pela área total da bacia hidrográfica (390,9 km<sup>2</sup>). Segundo Villela e Mattos (1975), índices em torno de 0,5 indicam uma drenagem pobre, enquanto índices próximos a 3,5 representam bacias excepcionalmente bem drenadas.

#### 4.2.7 Fragilidade Ambiental

O método utilizado para a definição da fragilidade ambiental da bacia hidrográfica do ribeirão Santo Inácio proposto por Ross (1994), apresentou na área de estudo cinco classes de fragilidade (muito baixa, baixa, média, alta e muito alta). A fragilidade ambiental foi definida com base na declividade, solos e uso do solo. As unidades encontradas podem ser observadas no quadro 3 e na figura 19.

| <b>Classe de Fragilidade</b> | <b>Descrição das Classes baseada na declividade</b>  |
|------------------------------|--|
| 1.1.1                        | Declividades inferiores a 6% com presença de Nitossolo Vermelho com textura argilosa e cobertura vegetal natural   |
| 1.3.1                        | Declividades inferiores a 6% com presença de Latossolo Vermelho ou Argissolo Vermelho com textura arenosa a média e cobertura vegetal natural                        |
| 1.3.3                        | Declividades inferiores a 6% com presença de Latossolo Vermelho ou Argissolo Vermelho com textura arenosa a média e cobertura vegetal do tipo pastagem               |
| 1.3.4                        | Declividades inferiores a 6% com presença de Latossolo Vermelho ou Argissolo Vermelho com textura arenosa a média e cobertura vegetal do tipo agricultura temporária |
| 2.3.1                        | Declividades entre 6 e 12% com presença de Latossolo Vermelho ou Argissolo Vermelho com textura arenosa a média e cobertura vegetal natural                          |
| 2.3.3                        | Declividades entre 6 e 12% com presença de Latossolo Vermelho ou Argissolo Vermelho com textura arenosa a média e cobertura do tipo pastagem                         |
| 2.3.4                        | Declividades entre 6 e 12% com presença de Latossolo Vermelho ou Argissolo Vermelho com textura arenosa a média e cobertura do tipo agricultura temporária           |
| 3.3.3                        | Declividades entre 12 e 20% com presença de Latossolo Vermelho ou Argissolo Vermelho com textura arenosa a média e cobertura do tipo pastagem                        |
| 3.3.4                        | Declividades entre 12 e 20% com presença de Latossolo Vermelho ou Argissolo Vermelho com textura arenosa a média e cobertura do tipo agricultura temporária          |
| 4.3.3                        | Declividades entre 20 e 30% com presença de Latossolo Vermelho ou Argissolo Vermelho com textura arenosa a média e cobertura do tipo pastagem                        |
| 4.4.4                        | Declividades entre 20 e 30% com presença de Latossolo Vermelho ou Argissolo Vermelho com textura arenosa a média e cobertura do tipo agricultura temporária          |
| 5.3.3                        | Declividades Superiores a 30% com presença de Latossolo Vermelho ou Argissolo Vermelho com textura arenosa a média e cobertura vegetal do tipo pastagem              |

**Quadro 1** – Classes de fragilidade ambiental da bacia do ribeirão Santo Inácio – PR.



**Figura 19:** Fragilidade ambiental da bacia hidrográfica do ribeirão Santo Inácio – PR.

No método proposto por Ross (1994), a fragilidade dos ambientes é definida pela primeira variável utilizada, neste caso optou-se pela utilização da metodologia através da declividade. Assim, a grande maioria da área de estudo está classificada como possuindo uma fragilidade muito fraca ou fraca. As áreas classificadas como de fragilidade média, forte ou muito forte se fazem representar por menos de 10% da área de estudo.

Contudo, esta metodologia mostra-se ineficiente para a caracterização da fragilidade ambiental da área em estudo, visto que os fatores levados em conta em segundo ou terceiro plano (tipo do solo e cobertura vegetal respectivamente) apresentam-se na área mais vulneráveis ao desequilíbrio do sistema.

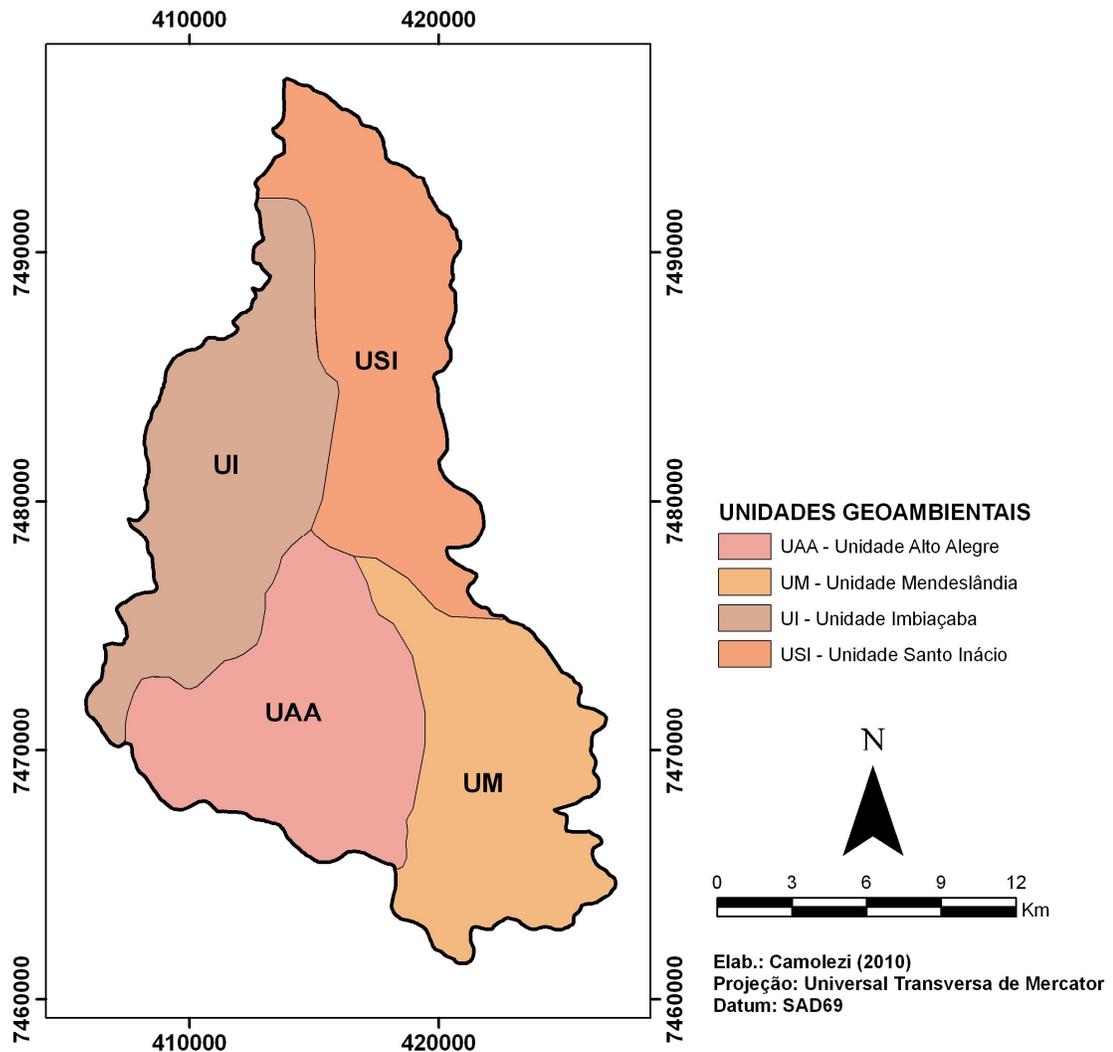
A friabilidade do material rochoso, exposto às condições que favorecem o intemperismo, por sua vez gerando solos de textura arenosa a média, assim como a ausência de cobertura vegetal original determinam para muitas áreas da BRSI, uma maior vulnerabilidade aos processos erosivos, conforme observações *in loco*.

#### **4.2.8 Unidades Geoambientais**

Através da integração dos dados levantados foi possível elaborar o zoneamento geoambiental proposto como objetivo principal deste trabalho. A análise de dados geológicos, geomorfológicos, climáticos, pedológicos, de vegetação, de hidrografia, fragilidade ambiental e dados sócio-econômicos auxiliaram no estabelecimento de unidades geoambientais, com características semelhantes (Figura 20).

A semelhança entre vários destes fatores expostos acima, desde ocorrência dos mesmos elementos até a semelhança entre estes elementos (tal como a geologia), fez com que as unidades geoambientais fossem definidas a partir de elementos que se dispuseram de maneira mais diferenciada, tais como a disposição do relevo, e consequentemente a densidade e padrões da rede de drenagem.

Assim a delimitação destas unidades é a mesma utilizada para a definição dos compartimentos geomorfológicos (Figura 5). Sua denominação tomou por base as localidades presentes em cada unidade. As unidades que compõem o zoneamento geoambiental da bacia hidrográfica do ribeirão Santo Inácio são: Unidade Santo Inácio, Unidade Imbiaçaba, Unidade Alto Alegre e Unidade Mendeslândia.



**Figura 20:** Unidades Geoambientais da bacia do ribeirão Santo Inácio

#### 4.2.8.1 Unidade Santo Inácio

A unidade Santo Inácio (USI) está localizada ao Norte da área de estudo, desde a confluência do ribeirão Santo Inácio com o rio Paranapanema até aproximadamente o centro da BRSI em sua margem direita. As principais formações geológicas presentes nesta área são a Formação Serra Geral e a Formação Santo Anastácio, porém ocorre ainda a Formação Caiuá e a Formação Adamantina em área restrita.

Nesta unidade, ocorre além de Latossolos Vermelhos e Argissolos Vermelhos, o Nitossolo Vermelho, devido à grande quantidade de rochas basálticas nesta área. Caracteriza-se por um relevo plano a suave ondulado e densidade de drenagem baixa. Esta área apresenta caráter acrecional, haja vista que ocorrem baixos topográficos na área, além da influência

direta do represamento do rio Paranapanema após 1989 com a construção da UHE de Taquaruçu, situada a aproximadamente 11 km da foz do ribeirão Santo Inácio. Predominam vertentes muito amplas, com aspecto retilíneo e convexo.

A paisagem sofreu grandes influências antrópicas, marcada pelo intenso desmatamento e presença da cultura canavieira, bem como de pastagens. A associação destes fatores permitiu a determinação do grau de fragilidade ambiental desta unidade. Segundo o método proposto por Ross (1994) e aplicado no presente trabalho, a fragilidade predominante nesta unidade é muito baixa, fato este determinado pela suavidade do relevo nesta área. A figura 22 evidencia a amplitude das vertentes, bem como os dados geológicos, pedológicos, de uso do solo, e da fragilidade ambiental da unidade Santo Inácio.

#### **4.2.8.2 Unidade Imbiaçaba**

A unidade Imbiaçaba (UI) está localizada na porção Oeste da área de estudo; a Formação geológica predominante nesta área é a Formação Caiuá. Ocorrem ainda a Formação Santo Anastácio nas áreas de interflúvio, e a Formação Serra Geral junto ao curso principal do ribeirão Santo Inácio.

Devido às características geológicas e climáticas, o solo apresenta profundidade alta e textura arenosa e/ou média. Tal condição propicia a formação de Latossolos Vermelhos nas altas vertentes e Argissolos Vermelhos nas médias e baixas vertentes, conforme descrevem Nakashima (1999) e Gasparetto (1999).

Quanto às características geomorfológicas, a unidade de Imbiaçaba caracteriza-se por média densidade de drenagem, do tipo subdendrítico, com canais de primeira ordem. A dissecação horizontal nesta unidade de paisagem é média, fator este impulsionado pelas drenagens de primeira ordem. Predominam vertentes convexas. Da parte leste para oeste desta unidade, verificam-se, respectivamente, baixo e alto topográfico.

A existência de baixo topográfico próximo ao canal principal do ribeirão Santo Inácio sugere ambiente propício à deposição.

Nas áreas de baixa declividade prevalece a agricultura canavieira, enquanto que nas áreas de declividade mais acentuada, é evidente a presença de pastagens para criação de rebanho bovino. A figura 23 evidencia a amplitude das vertentes, bem como os dados geológicos, pedológicos, de uso do solo e fragilidade ambiental da unidade Santo Inácio.

#### **4.2.8.3 Unidade Alto Alegre**

A unidade Alto Alegre (UAA) está localizada no flanco Centro-Sul da BRSI; nesta unidade ocorrem as formações Caiuá e Santo Anastácio, em proporções areais semelhantes. A Formação Adamantina ocorre nas altitudes superiores a 480 m. As altitudes variam de 430 e 480 metros.

Os solos desta unidade são formados a partir da intemperização das rochas areníticas das formações sedimentares do Grupo Bauru. Formam-se assim, Latossolos Vermelhos e Argissolos Vermelhos, com textura arenosa a média.

Sobre o aspecto fisiográfico desta unidade, destacam-se vertentes convexas amplas sobre as quais predominam processos de dissecação (Figura 24). A densidade de drenagem é média a alta e o padrão observado é do tipo pinado. Predomina nesta área a presença de altos estruturais, que margeiam toda a borda sul da BRSI. Estas formas evidenciam maior controle estrutural na rede de drenagem, bem como na formação do relevo.

#### **4.2.8.4 Unidade Mendeslândia**

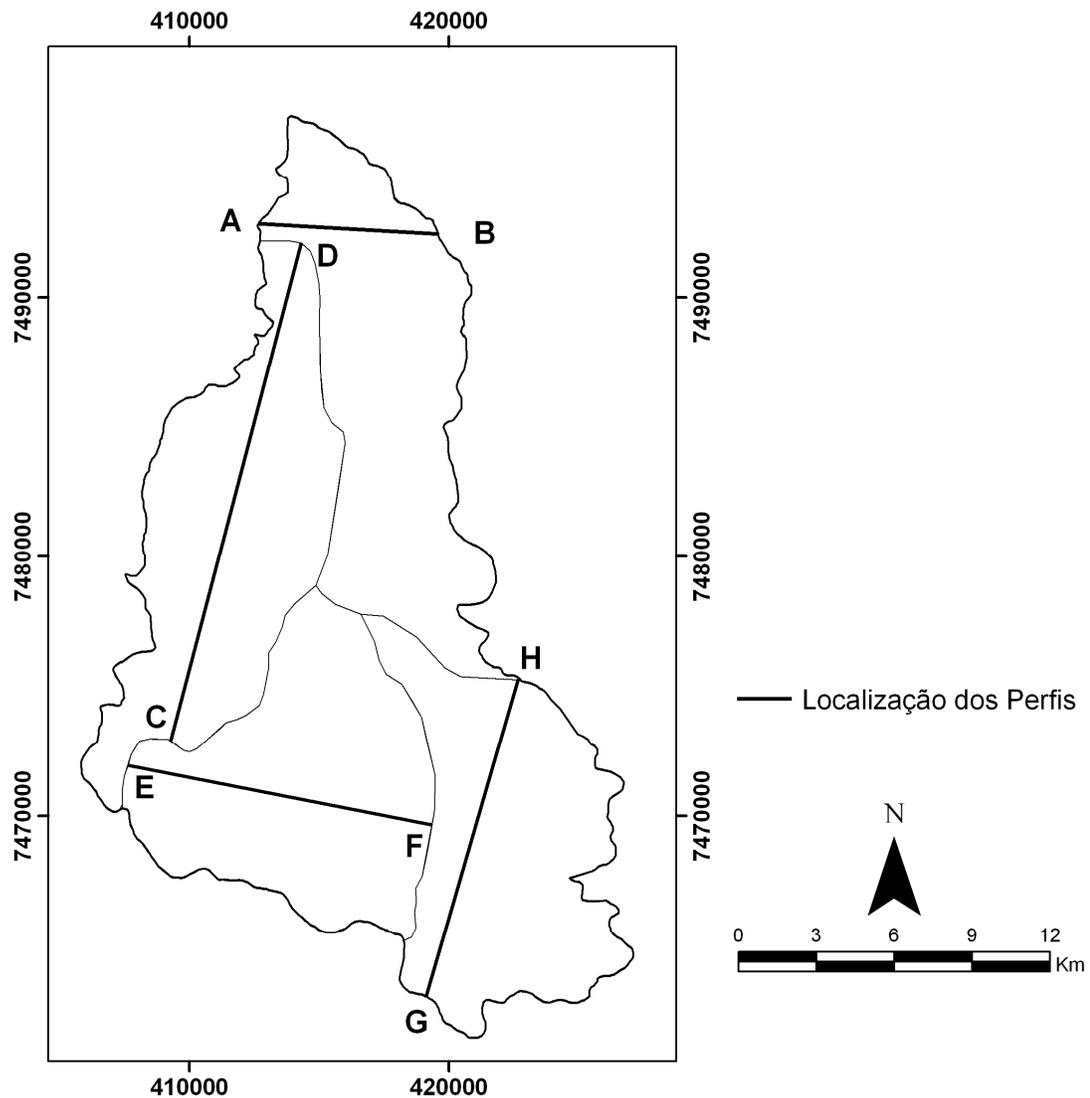
A unidade Mendeslândia (UM) é a unidade que mais se diferencia entre as quatro unidades definidas. A UM está localizada na borda sudeste da área de estudo, e caracteriza-se por um relevo mais acentuado com as maiores altitudes e declividades. Predomina nesta unidade a ocorrência do arenito da Formação Caiuá, e é nesta unidade que há a maior ocorrência da Formação Adamantina. As altitudes neste compartimento variam entre 430 e 530 metros acima do nível do mar.

Predominam vertentes convexas e declividades entre 12 e 20%, a dissecação horizontal nesta área é alta, porém a vertical é baixa, com algumas exceções em áreas de confluências de corpos hídricos. Neste setor a ocorrência dos Argissolos é predominante, e, juntamente com a declividade, o uso do solo é representado em sua grande maioria pelo uso de pastagens. A fragilidade ambiental predominante nesta área é média; áreas com uma fragilidade muito alta ocorrem em áreas com declividades superiores a 30%.

Ocorre nesta unidade maior densidade de drenagem, sendo o padrão de drenagem do tipo dendrítico. A alta densidade de drenagem associa-se à presença de lineamentos estruturais de diversas direções, com predomínio de direções NE-SW. A presença de lineamentos juntamente com os altos estruturais evidencia o controle estrutural da borda sul da bacia do ribeirão Santo Inácio.

O perfil geoambiental (Figura 25) representa corte transversal na Unidade Mendeslândia. Percebe-se neste perfil a presença de falhas inferidas a partir do desnível altimétrico das formações rochosas presentes na área. Tais falhas coincidem com a direção E-W que representa o maior grupo de lineamentos da área de estudo.

O quadro 4 representa uma síntese das informações apresentadas neste capítulo, incluindo informações de: Geologia, Geomorfologia, Clima, Solos, Uso do Solo, Hidrografia, Vegetação e Fragilidade Ambiental das quatro unidades propostas.



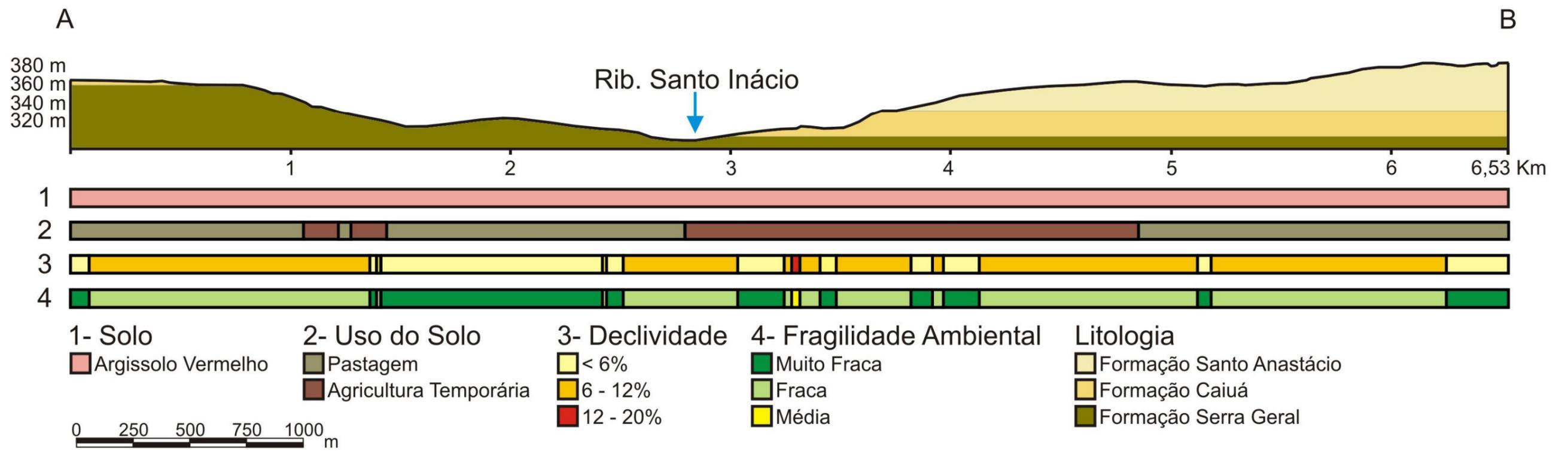
**Figura 21:** Localização dos perfis geoambientais

| QUADRO COMPARATIVO ENTRE AS UNIDADES GEOAMBIENTAIS DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIBEIRÃO SANTO INÁCIO – PR – PARTE 1 |                        |  |                     |                         |                            |                           |                                      |                           |                       |
|--|------------------------|--|---------------------|-------------------------|----------------------------|---------------------------|--------------------------------------|---------------------------|-----------------------|
| LOCALIZAÇÃO  | UNIDADES GEOAMBIENTAIS | GEOLOGIA                               | GEOMORFOLOGIA       |                         |                            |                           |                                      | CLIMA                     |                       |
|  |                        |  | FORMAS DE VERTENTES | ALTITUDES PREDOMINANTES | DECLIVIDADES PREDOMINANTES | ESTRUTURAS                | DISSECAÇÃO                           | TEMPERATURA (média anual) | PRECIP. (total anual) |
| BRSI   | UNIDADE SANTO INÁCIO   | Fm. Serra Geral<br>Fm. Santo Anastácio | Retilíneas          | Entre 380 e 430         | Menor do que 6%            | Baixos Topográficos       | Horizontal: baixa<br>Vertical: baixa | 19,45°C                   | 1299,8 mm             |
|  | UNIDADE IMBIAÇABA      | Fm. Caiuá                              | Convexas            | Entre 380 e 430         | Entre 6 e 12%              | Altos/Baixos Topográficos | Horizontal: média<br>Vertical: baixa | 19,64 °C                  | 1295,9 mm             |
|  | UNIDADE ALTO ALEGRE    | Fm. Caiuá<br>Fm. Santo Anastácio       | Convexas            | Entre 430 e 480         | Entre 6 e 12%              | Altos Estruturais         | Horizontal: média<br>Vertical: baixa | 18,6 °C                   | 1308,9 mm             |
|  | UNIDADE MENDESLÂNDIA   | Fm. Caiuá<br>Fm. Adamantina            | Convexas            | Entre 430 e 480         | Entre 12 e 20%             | Altos Estruturais         | Horizontal: alta<br>Vertical: baixa  | 18,6 °C                   | 1308,9 mm             |

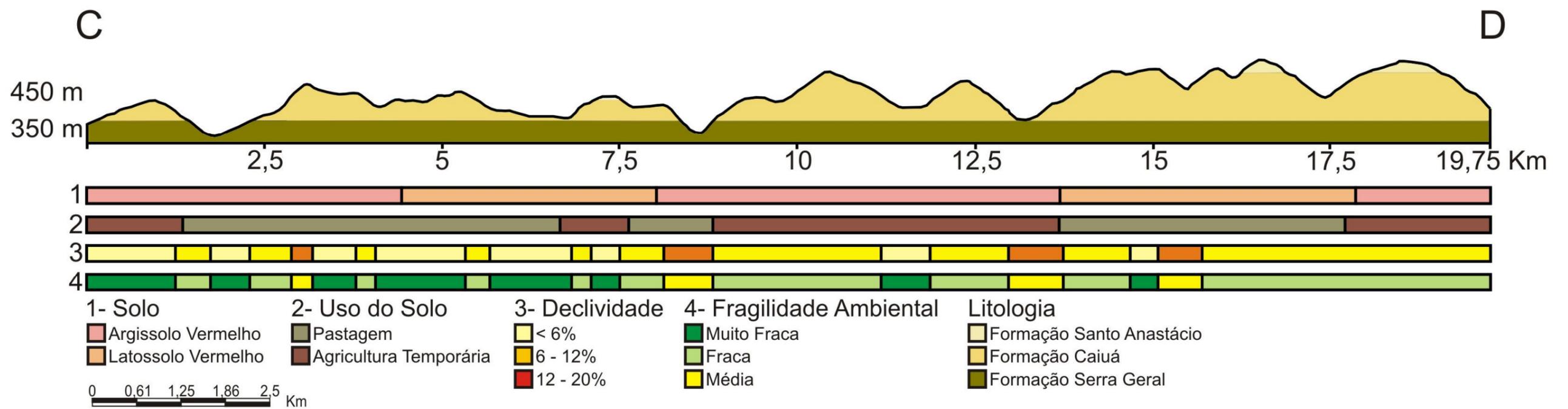
| QUADRO COMPARATIVO ENTRE AS UNIDADES GEOAMBIENTAIS DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIBEIRÃO SANTO INÁCIO – PR – PARTE 2 |                        |  |                        |              |               |             |                               |
|--|------------------------|--|------------------------|--------------|---------------|-------------|-------------------------------|
| LOCALIZAÇÃO  | UNIDADES GEOAMBIENTAIS | SOLOS                                    | USO DO SOLO            | HIDROGRAFIA  |               | VEGETAÇÃO   | GRAU DE FRAGILIDADE AMBIENTAL |
|  |                        |  |                        | DENSIDADE    | PADRÃO        |             |                               |
| BRSI   | UNIDADE SANTO INÁCIO   | Argissolo Vermelho                       | Pastagem               | Baixa        | Retilíneo     | Gramíneas   | Muito Baixa                   |
|  | UNIDADE IMBIAÇABA      | Argissolo Vermelho<br>Latossolo Vermelho | Agricultura Temporária | Média        | Subdendrítico | Agricultura | Baixa                         |
|  | UNIDADE ALTO ALEGRE    | Latossolo Vermelho                       | Agricultura Temporária | Média a Alta | Pinado        | Agricultura | Baixa                         |
|  | UNIDADE MENDESLÂNDIA   | Argissolo Vermelho                       | Pastagem               | Alta         | Dendrítico    | Gramíneas   | Média                         |

**Quadro 2:** Comparação entre as unidades geoambientais da bacia hidrográfica do ribeirão Santo Inácio - PR.

**Fonte:** Geologia – Mineropar (2006); Geomorfologia – Camolezi; Volkmer (2010); Serikawa; Volkmer (2010); Clima – Somar Meteorologia (2010); Solos – Embrapa; Emater (1999); Uso do Solo – Landsat 5 TM (R3G7B1); Hidrografia – IBGE (1973a; 1973b; 1978); Vegetação - Landsat 5 TM (R4G5B3); Grau de Fragilidade Ambiental – Camolezi (2010).



**Figura 22:** Perfil Geoambiental da Unidade Santo Inácio



**Figura 23:** Perfil Geoambiental da Unidade Imbiaçaba

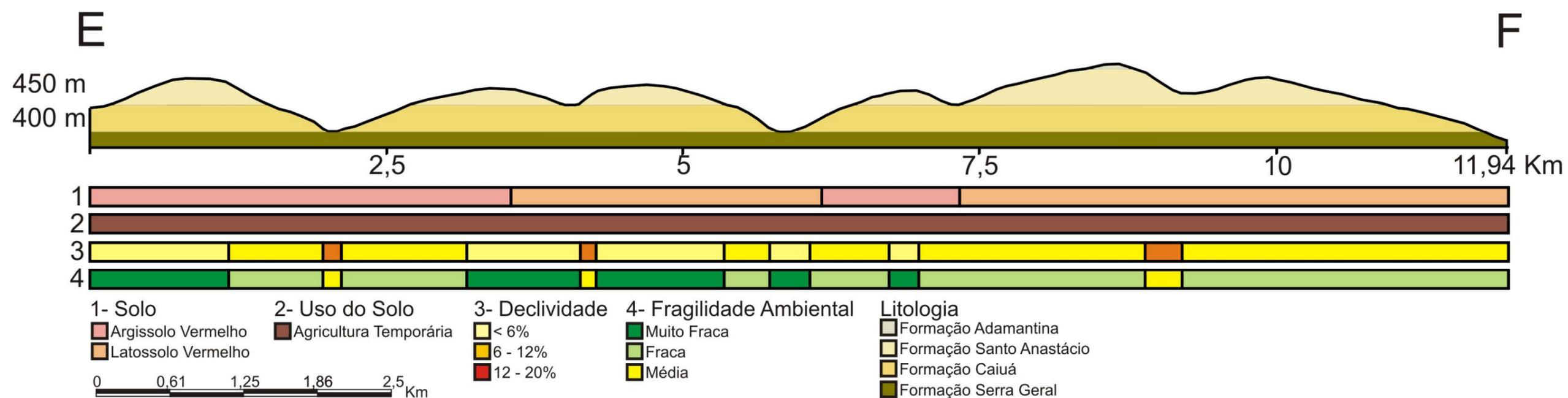


Figura 24: Perfil Geoambiental da Unidade Alto Alegre

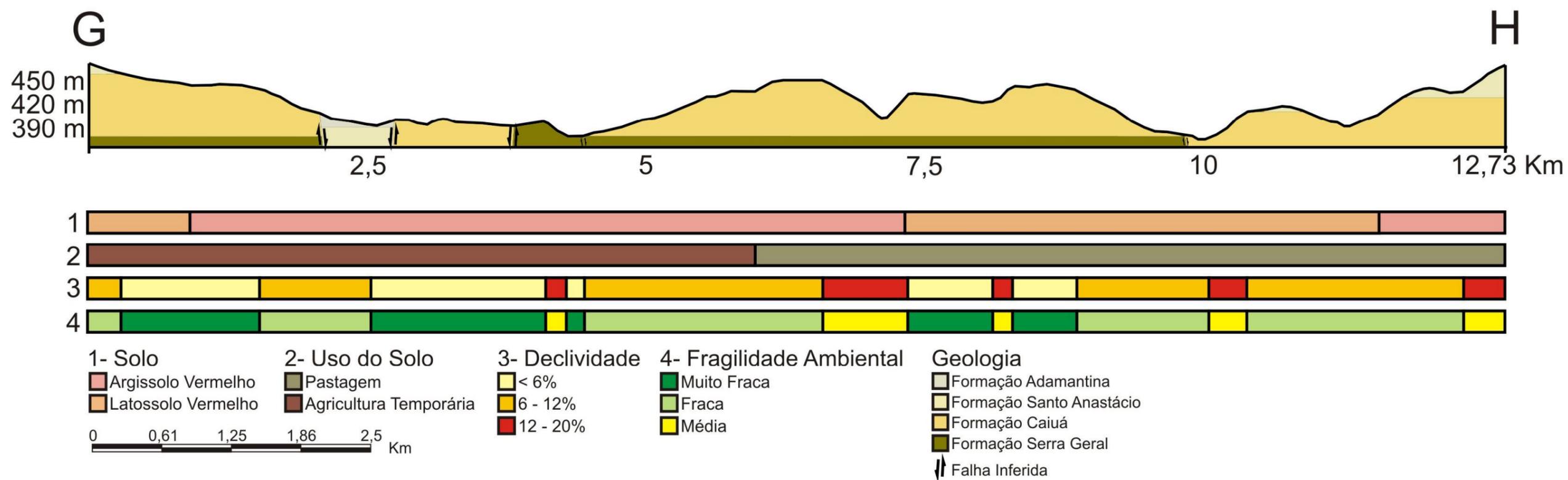


Figura 25: Perfil Geoambiental da Unidade Imbiaçaba

## 5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Por meio da integração dos dados levantados sobre a bacia do ribeirão Santo Inácio pôde-se realizar o zoneamento geoambiental da referida bacia, objeto deste trabalho. Percebe-se que as unidades definidas apresentam muitas características em comum, e por isso, a base para a definição das unidades foi definida a partir de caráter geomorfológico, ponto de vista este que mais se diferencia nas quatro unidades propostas. Tais semelhanças podem ser explicadas pela similitude entre as unidades litológicas sedimentares do Grupo Bauru, que afloram na BRSI, (Fm. Caiuá, Fm. Santo Anastácio e Fm. Adamantina). Essas semelhanças são justificadas pela granulação, coloração e estratificações de mesmo padrão, dificultando o reconhecimento em campo, visto o estado de alteração a que estas rochas se encontram.

O zoneamento proposto pode auxiliar no planejamento de uso e ocupação do solo da BRSI, onde as áreas podem ser exploradas de acordo com sua potencialidade, visando o menor impacto possível para as áreas ocupadas.

Foram estabelecidos ainda níveis de fragilidade ambiental para a área de estudo, utilizando-se a proposta metodológica estabelecida por Ross (1994). Observa-se o predomínio de fragilidades baixas a muito baixas, exceto nas áreas de relevo mais acentuado.

Para a unidade Santo Inácio, recomenda-se o uso de agriculturas temporárias, que necessitam de grandes áreas para mecanização. A fertilidade natural do solo pode ser recuperada com uso de corretores de pH e insumos agrícolas.

A unidade Imbiaçaba, porque exibe relevo um pouco mais acentuado do que a unidade Santo Inácio, pode ser indicada para pastagens. No entanto há que se prevenir a intensificação da instalação de processos erosivos lineares nesta área, que podem ser provocados pelo pisoteio do gado.

Na unidade Alto Alegre, apesar da dissecação elevada, a instalação de agriculturas permanentes seria viável, visto que esta área apresenta uma densidade de drenagem adequada, e o relevo não é muito acentuado.

A unidade Mendeslândia apresenta maior diferenciação entre as quatro unidades propostas, e, propõe-se para este compartimento o uso da agricultura familiar, de pequenas propriedades e cultivo de olerícolas, visto que estas culturas não necessitam de áreas extensas e o solo desta unidade apresenta condições favoráveis (horizonte A friável) para este tipo de cultivo.

## 6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALMEIDA, F. F. M. **Tectônica da Bacia do Paraná no Brasil**. Relatório da PAULIPETRO nº. 14.091, São Paulo, 1980, 187p.

ANDRADE, J.A. **As Unidades de Paisagens e os Sistemas de Produção Agrícolas no Município de Florai-PR**. 116 f. Dissertação (Mestrado), Programa de Pós-Graduação em Geografia, Universidade Estadual de Maringá. Maringá, 2005.

ANDRADES FILHO, C. O.; FONSECA, L. M. G. Lineamentos Estruturais a partir de imagens Landsat TM e dados SRTM. *In*: XIV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, Natal. **Anais...** São José dos Campos, INPE, pp. 3151-3158, 2009.

ARAÚJO, T. N. de. As Missões Jesuíticas no contexto do Mercosul. *In*: FLORES, H.A.H. (Org.), **Integração**. Porto Alegre. EDIPUCRS, 2002, 163p.

ASMUS, H. E. Controle Estrutural da Deposição Mesozóica da Margem Continental Brasileira. **Revista Brasileira de Geociências**, São Paulo, v.5, pp. 160-175, 1975.

\_\_\_\_\_. Hipóteses sobre a origem dos sistemas de zonas de fraturas oceânicas/alinhamentos continentais que ocorrem nas regiões sudeste e sul do Brasil. **Petrobrás**, Rio de Janeiro, (Série Projeto REMAC), v. 4, pp.39-73, 1978.

\_\_\_\_\_. Relacionamento genético de feições geológicas da margem continental sudeste brasileira e da área continental emersa adjacente. *In*: III Simpósio Regional de Geologia, Curitiba. **Anais...** São Paulo, Sociedade Brasileira de Geologia, pp. 262-273, 1981.

BACOCOLI, G.; ARANHA, L. G. F. Evolução estrutural Fanerozóica do Brasil Meridional. **Petrobrás-Supex**, (relatório interno), Rio de Janeiro, 1984, 53p.

BEROUTCHACHVILI, N.; BERTRAND, G. Le Géosystème ou “Système territorial naturel”. **Revue Géographique des Pyrénées et du Sud-Ouest**. França, v. 49, n. 2, pp. 167-180, 1978

BERTRAND, G. Paysage et géographie physique globale. Esquisse méthodologique. **Revue Géographique des Pyrénées et du Sud-Ouest**. França, v.39 n. 3, pp. 249-272, 1968.

\_\_\_\_\_; BERTRAND, C. **Une Géographie Traversière. L'environnement à Travers Territoires et Temporalités**. Paris: Éditions Arguments, 2002, 358p.

BIGARELLA J.J.; ANDRADE G. O. **Contribution to the study of the Brazilian quaternary**. *In*: WRIGHT Jr. H.E.; FREY D.G. International studies on the Quaternary. Geological Society of America, vol. 84 (special paper), pp. 443-451, 1965.

CAMOLEZI, B. A.; SERIKAWA, V. S.; VOLKMER, S. Análise morfoestrutural e geomorfológica da bacia do ribeirão Santo Inácio – PR. *In: XIX Encontro Anual de Iniciação Científica*, Guarapuava. **Anais...** Guarapuava, UNICENTRO, 2010.

CAMOLEZI, B. A.; VOLKMER, S. **Análise morfoestrutural da bacia do ribeirão Santo Inácio – PR**. Relatório de pesquisa, Maringá, Universidade Estadual de Maringá. 40p. 2010.

CECARELLI, I. C. F.; LIU, C. C.; FAGUNDES FILHO, E. Realce de Lineamentos Estruturais Através de Técnicas de Filtragens Aplicadas a Imagens TM Landsat no Sudeste do Estado de São Paulo. *In: IV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto*, Gramado. **Anais...** São José dos Campos, INPE, pp. 24, 1986.

COMPANHIA MELHORAMENTOS NORTE DO PARANÁ – CMNP. **Colonização e desenvolvimento do norte do Paraná**. Editora CMNP, Maringá – PR, 1975, 295 p.

CREPANI, E.; MEDEIROS, J.S.; AZEVEDO, L.G.; DUARTE, V.; HERNANDEZ, P.; FLORENZANO, T.; BARBOSA, C. **Sensoriamento Remoto e Geoprocessamento Aplicados ao Zoneamento Ecológico- Econômico e ao Ordenamento Territorial**. São José dos Campos: INPE, 2001. 124p.

COUTO, E.V.; MANIERI, D.D.; MANOSSO, F.C.; FORTES, E. Morfometria da Rede de Drenagem e Análise Morfoestrutural da Borda Planáltica, Faxinal, Paraná. *In: V Simpósio Paranaense de Pós-Graduação e Pesquisa em Geografia*, Curitiba. **Anais...** CD ROM, 2010.

COX, E. **The Fuzzy Systems Handbook: a practitioner's guide to building, using, and maintaining fuzzy systems**. Londres: Academic. 1994.

CUNHA, C. M. L.; **A cartografia do relevo no contexto da gestão ambiental**. Instituto de Geociências e Ciências Exatas, UNESP, Rio Claro, 2001.

EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Levantamento de reconhecimento dos solos do Estado do Paraná**. Tomo I. Londrina, 1984. 412p.

\_\_\_\_\_; **Sistema brasileiro de classificação de solos**

\_\_\_\_\_; EMATER – Instituto Paranaense de Assistência Técnica e Extensão Rural. **Mapa de Solos do Estado do Paraná**. Escala 1: 250.000, 1999.

ETCHEBEHERE, M. L. C.; SAAD, A. R.; CASADO, F. C. Análise Morfoestrutural Aplicada no Vale do Rio do Peixe (SP): Uma Contribuição ao Estudo da Neotectônica e da Morfogênese do Planalto Ocidental Paulista. **Geociências**, Guarulhos, v.10, n. 6, pp. 45-62, 2005.

- FERREIRA, F. J. F.; MORAES, R. A. V.; FERRARI, M. R.; VIANNA, R. B. Contribuição ao estudo do alinhamento Estrutural de Guapiara. *In: III Simpósio Regional de Geologia, Curitiba. Anais...* São Paulo, Sociedade Brasileira de Geologia, pp. 226-240, 1981.
- FERREIRA, F. J. F. **Integração de dados aeromagnetométricos e geológicos: configuração e evolução tectônica do Arco de Ponta Grossa.** 170 p. Dissertação (Mestrado) Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1982.
- FERNANDES, L. A.; COIMBRA, A. M. Revisão Estratigráfica da Parte Oriental da Bacia Bauru (Neocretáceo). **Revista Brasileira de Geociências**, Curitiba, v. 30, pp. 717-728, 2000.
- FORTES, E. **Geomorfologia do Baixo Curso do Rio Ivinhema, MS: uma abordagem Morfogenética e Morfoestrutural.** 298 p. Tese (Doutorado) Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Júlio de Mesquita Filho, Rio Claro, 2003.
- FORTES, E.; SILVA, A. C.; VOLKMER, S.; MANIERI, D. D.; SANTOS, F. R. Controles Morfoestruturais da Compartimentação da Serra Geral: uma abordagem preliminar. **Terr@Plural**, Ponta Grossa, v.2, n. 2, pp. 279-292, 2008.
- FROLOVA, M. Le paysage des géographes russes: l'évolution du regard géographique entre le XIX et le XX siècle. **Cybergeo: European Journal of Geography, Epistémologie, Histoire de La Géographie, Didactique.** Online, document 143, disponível em <<http://cybergeo.revues.org/index1808.html>>. Acesso em 24 de agosto de 2010. 2000.
- FREITAS FILHO, M. R. de.; AMARAL, S.; SOARES, Z. M. L. Zoneamento geoambiental da bacia hidrográfica do rio Mundaú – CE, utilizando técnicas de sensoriamento remoto e geoprocessamento. *In: VIII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, Salvador. Anais...* Salvador, INPE, pp. 151-156, 1996.
- FÚLFARO, V. J. Tectônica do Alinhamento Estrutural do Paranapanema. **Boletim do Instituto de Geociências**, São Paulo, v. 5, pp. 129-138, 1974.
- FÚLFARO, V. J.; SAAD, A. R.; SANTOS, M. V.; VIANNA, R. B. Compartimentação e Evolução Tectônica da Bacia do Paraná. **Revista Brasileira de Geociências**, São Paulo, v. 12, n. 4, pp. 590-610, 1982.
- GASPARETTO, N. V. L. **As formações superficiais do noroeste do Paraná e sua relação com o Arenito Caiuá.** 185 f. Tese (Doutorado), Universidade de São Paulo, 1999.
- GORDON JUNIOR., M. Classificação das Formações Gondwânicas do Paraná, Santa Catarina e Rio Grande do Sul. Notas Preliminares Estaduais da Divisão Geológica Mineral. **Departamento Nacional de Produção Mineral.** Rio de Janeiro, n. 38, 1947. 20p.

HUZITA, K., KASAMA, T. **Kôbe oyobi rinsetsu chiiki chisitu-zu, 1/50,000** (Mapa geológica de Kobe e áreas adjacentes, 1/50.000).(3.ed.). Japão: Secretaria de Planejamento da Prefeitura Municipal de Kobe, 1977.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Carta Topográfica de Santo Inácio, **Folha SF-22-Y-B-V-1**. Escala 1:50.000. 1973a.

\_\_\_\_\_. Carta Topográfica de Centenário do Sul, **Folha SF-22-Y-B-V-4**. Escala 1:50.000. 1973b.

\_\_\_\_\_. Carta Topográfica de Colorado, **Folha SF-22-Y-B-V-3**. Escala 1:50.000, 1978.

\_\_\_\_\_. **Manual Técnico de Pedologia**. Editora do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, Rio de Janeiro, 2ª. Edição, 2007, 316 p.

INPE – **Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais**. Disponível em <<http://www.inpe.br>>. Acesso em 20 de agosto de 2010.

IPARDES – **Instituto Paranaense de Desenvolvimento Econômico e Social**. Disponível em <[HTTP://www.ipardes.pr.gov.br](http://www.ipardes.pr.gov.br)>. Acesso em 20 de agosto de 2010.

JABUR, I. C.; SANTOS, M. L. Revisão estratigráfica da Formação Caiuá. **Boletim de Geografia**, Maringá, v. 2, pp. 91-106, 1984.

JIMÉNEZ-RUEDA, J.R.; NUNES, E.; MATTOS, J.T. Caracterização fisiográfica e morfoestrutural da Folha São José de Mipibu, RN. **Geociências**, São Paulo, v. 12, n. 2: pp. 481-491, 1993.

JUSTUS, J. **Subsídios para interpretação morfogenética através da utilização de imagens de radar**. 204 f. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal da Bahia, 1985.

KING, L.C. A Geomorfologia do Brasil Oriental. **Revista Brasileira de Geografia**, Rio de Janeiro, v. 18, n. 2, 1956, p. 147-265.

KÖEPPEN, W.; GEIGER, R. **Klimate der Erde**. Gotha: Verlag Justus Perthes. Wall-map 150cmx200cm. 1928.

KRIGE, D. G. A statistical approach to some basic mine evaluation problems on the Witwatersrand. **Journal of Chemical Metallurgical Mineralogy Society**. South Africa, Johannesburg, v. 52, pp. 151-163, 1951.

LANDIM, P. M. B.; FÚLFARO, V. J. Nota sobre a gênese da Formação Caiuá. *In*: XXV Congresso Brasileiro de Geologia, São Paulo. **Anais...**, São Paulo: Sociedade Brasileira de Geologia, v.2, pp. 277-280, 1971.

- LANDIM, P. M. B.; SOARES, P.C. Estratigrafia da Formação Caiuá. In: XXIX CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, Ouro Preto, **Anais...**, Sociedade Brasileira de Geologia, v. 2, pp. 195-206, 1976.
- MAACK, R. Notas preliminares sobre clima, solos e vegetação do Estado do Paraná. **Arquivos de Biologia e Tecnologia**, Curitiba, v. 2, pp.102-200, 1948.
- MANIERI, D. D. **Comportamento Morfoestrutural e Dinâmica das Formas de Relevo da Bacia Hidrográfica do Rio São Pedro, Faxinal – PR.** 89p. Dissertação (Mestrado) Pós-Graduação em Geografia, Universidade Estadual de Maringá, Maringá, 2010.
- MEZZALIRA, S. Contribuição ao conhecimento da estratigrafia e paleontologia do arenito Bauru. **Boletim do Instituto Geográfico Geológico**, São Paulo, n. 41, 1964. 163p.
- MINEROPAR. **Mapa Geológico da Folha de Presidente Prudente, Folha SF-22-Y-B.** Escala 1:250.000, 2006a.
- MONTANHER, O. C.; CREMON, E. H.; SOUZA FILHO, E. E. A relação entre o meio físico e o avanço da cana-de-açúcar no noroeste do Paraná, abordagem com técnicas de geoprocessamento. **Revista Geográfica Acadêmica**, Viçosa, UFV, v. 4, n. 1, pp. 20-31, 2010.
- MOTOKI, A., SOARES, R.S., NETTO, A.M., SICHEL, S.E., AIRES, J.R., LOBATO, M. **Reavaliação do modelo genético do Vulcão de Nova Iguaçu, RJ: origem eruptiva ou intrusão subvulcânica?** REM-Revista Escola de Minas, Ouro Preto, v. 60, n.4, p. 538-592, 2007.
- NAKASHIMA, P. **Sistemas pedológicos da região noroeste do Paraná: distribuição e subsídios para o controle da erosão.** 162 p. Tese (Doutorado), Departamento de Geografia da FFLCH, USP, São Paulo, v. 1, 1999.
- NUNES, B. A.; RIBEIRO, M. I. C.; ALMEIDA, V. J.; NATALI FILHO, T. (Orgs.) **Manual técnico de Geomorfologia.** Rio de Janeiro, Ed. IBGE. 1995, 111p.
- OLIVEIRA, A.I.; LEONARDOS, O.H. **Geologia do Brasil.** Rio de Janeiro, Serviço de Informação Agropecuária, 2. ed. 1943. 813p.
- OLIVEIRA, D. B.; MORENO, R. S.; MIRANDA, D. J.; RIBEIRO, C. S.; SEOANE, J. C. S.; MELO, C. S. Elaboração de um Mapa de Lineamento Estrutural e Densidade de Lineamento Através de Imagem SRTM, em uma Área ao Norte do Rio Doce, ES. In: XIV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, Natal. **Anais...** São José dos Campos, INPE, pp. 4157-4163, 2009.

PAULA e SILVA, F. de.; CHANG, H. K.; CAETANO-CHANG, M. R.; STRADIOTO, M.R. Sucessão Sedimentar do Grupo Bauru na Região de Pirapózinho (SP). **Geociências**, v. 25, n. 1, pp. 17-26, 2006.

REIS NAKASHIMA, M. S. Carta de fragilidade ambiental da bacia do rio Keller, Estado do Paraná: subsídio ao estudo dos processos erosivos. **Acta Scientiarum: Technology**, Maringá, v. 23, n. 6, pp. 1547-1560, 2001.

RICCOMINI, C.; GIANNINI, P.C.F.; MANCINI, F. Rios e Processos Aluviais. *In*: TEIXEIRA, W.; TOLEDO, M.C.M. de; FAIRCHILD, T.R.; TAIOLI, F. (Org.) **Decifrando a Terra**. São Paulo, Oficina de Textos, 2000, 558p.

ROSS, J. L. S. Análise Empírica da Fragilidade dos Ambientes Naturais e Antropizados. **Revista do Departamento de Geografia**, n.8, FFLCH-USP, São Paulo, 1994.

SALLUN, A.E.M.; SUGUIO, K.; STEVAUX, J.C. Proposição formal do Alogruppo Alto Rio Paraná (SP, PR e MS). **Geologia USP - Série Científica**, São Paulo, v.7 n.2, pp. 49-70, 2007.

SANTOS, F. R. dos. **Condicionamento Morfoestrutural e Dinâmica das Formas de Relevo da Bacia Hidrográfica do Rio Bufadeira, Faxinal – PR**. Dissertação (Mestrado) Pós-Graduação em Geografia, Universidade Estadual de Maringá, 2010.

SANTOS, L. J. C.; OKA-FIORI, C.; CANALI, N.E.; FIORI, A. P.; SILVEIRA, C. T.; SILVA, J. M. F.; ROSS, J. L. S. Mapeamento Geomorfológico do Estado do Paraná. **Revista Brasileira de Geomorfologia**. Ano 7, n. 2, pp.03-12. 2006.

SOARES, P.C.; LANDIM, P.M.B. Comparisons between the tectonic evolution of the intracratonic and marginal basins in South Brazil. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, Suplemento, v. 48, pp. 313-324, 1975.

SOARES, P. C.; LANDIM, P. M. B.; FÚLFARO, V. J.; SOBREIRO NETO, A.F. Ensaio de caracterização do Cretáceo no Estado de São Paulo: Grupo Bauru. **Revista Brasileira de Geociências**, São Paulo, v.10, n. 3, pp. 177-185, 1980.

SOARES, P. C.; CSORDAS, S. M.; BARCELLOS, P. E.; MATTOS, J. T.; BALLIEIRO, M. G.; MENESES, P. R. Lineamentos em imagens Landsat e radar e suas implicações no conhecimento tectônico da Bacia do Paraná. *In*: II Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, Brasília. **Anais...** Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, pp. 143-156, 1982.

SOMAR METEOROLOGIA – **Southern Marine Services**. Disponível em <<http://www.tempoagora.com.br>>, Acesso em 20 de agosto de 2010.

SORDI, M. V.; CAMOLEZI, B. A. Caracterização morfométrica da bacia hidrográfica do ribeirão Santo Inácio, Paraná, Brasil. *In*: II Simpósio Paranaense de Estudos Climáticos, Maringá. **Anais...** Maringá, pp. 363-374, 2010.

- SORDI, M. V.; FORTES, E. **Emprego do mapa de Seppômen, na análise da evolução geomorfológica da bacia hidrográfica do ribeirão Santo Inácio – PR.** Relatório de Pesquisa, Maringá, Universidade Estadual de Maringá, 2010b, 36p.
- SPIRIDONOV, A. I. **Principios de la Metodologia de las Investigaciones de Campo y el Mapeo Geomorfológico.** Habana. Universidad de la Habana. Faculdade de Geografia. 3v. 1981.
- 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.** 165 p. Dissertação (Mestrado), Departamento de Geografia da FFLCH, USP, São Paulo, 2001.
- SERIKAWA, V. S.; VOLKMER, S. **Estudo morfométrico da bacia do ribeirão Santo Inácio – PR.** Relatório de Projeto com Bolsa de Iniciação Científica (PIBIC/UEM-Fundação Araucária), Maringá, Universidade Estadual de Maringá, 2010, 29 p.
- SERIKAWA, V. S.; SILVA, T. M.; CAMOLEZI, B. A.; VOLKMER, S. Estudo da morfometria da bacia do ribeirão Santo Inácio: subsídio para análise geomorfológica. *In:* XIX Encontro Anual de Iniciação Científica, Guarapuava. **Anais...** Guarapuava, Paraná, 2010 (no prelo)
- SOTCHAVA, V. B. **Introducción a la teoria de los geossistemas.** Novo Sibersk: Nauka, 1963. 318p.
- SOUZA JUNIOR, M. de A.; **Sensoriamento Remoto Aplicado no Estudo de Estruturas Geológicas com Ocorrências de Depósitos Mineraiis, na Porção Centro-Norte do Estado da Paraíba.** Dissertação (Mestrado) – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos, 1999.
- SPÖRL, C.; ROSS, J. L. S. Análise comparativa de fragilidade ambiental com aplicação de três modelos. **GeoUSP – Espaço e Tempo**, São Paulo, USP, n. 15, pp. 39-49, 2004.
- STRAHLER, A. N. Quantitative analysis of watershed geomorphology. **American Geophysical Union Transactions.** v. 38, pp.913-920. 1957.
- SUGUIO, K.; BIGARELLA, J. J. **Ambientes fluviais.** 2ª ed. Editora UFSC / Editora UFPR, Florianópolis, 1990, 83p.
- TEODORO, V. L. I.; TEIXEIRA, D.; COSTA, D. J. L.; FULLER, B. B. O Conceito de Bacia Hidrográfica e a Importância da Caracterização Morfométrica para o Entendimento da Dinâmica Ambiental Local. **Revista Uniara**, n. 20, pp. 137-156 2007.
- TRICART, J. **Ecodinâmica.** Rio de Janeiro, FIBGE, 1977, 98p.

VELOSO, H. P.; OLIVEIRA FILHO, L. C.; VAZ, A. M. S. F.; LIMA, M. P. M.; MARQUETE, R.; BRAZÃO, J. E. M. (Org.) **Manual Técnico da Vegetação Brasileira**. IBGE, Rio de Janeiro, 1992, 92 p.

VILLELA, S. M.; MATTOS, A. **Hidrologia Aplicada**. São Paulo, Ed. McGraw Hill do Brasil, 1975, 245p.

WASHBURN, C. W. Petroleum geology of the State of São Paulo. **Boletim da Comissão Geográfica Geológica**, São Paulo, n.22, 1930. 272 p.

WHITE, I. C. Geologia do sul do Brasil. (Geology of South Brazil). Tradução de Manuel I. Ornellas. **Boletim de Agricultura e Viação**, Indústria de Obras Públicas, Salvador, v.8, n. 6, pp. 582-586, 1908.

ZACHARIAS, A.A. **Metodologias Convencionais e Digitais para a Elaboração de Cartas de Morfométricas do Relevo**. 166 f. Dissertação (Mestrado), Instituto de Geociências e Ciências Exatas, UNESP, Rio Claro, SP, 2001.

ZALÁN, P. V.; WOLFF, S.; CONCEIÇÃO, J. C. de J.; MARQUES, A.; ASTOLFI, M. A. M.; VIEIRA, I. S.; APPI, V. T.; ZANOTTO, O. A. Bacia do Paraná. *In*: RAJA GABAGLIA, G. P.; MILANI, E. J. (Coords.) **Origem e Evolução de Bacias Sedimentares**. PETROBRÁS, Rio de Janeiro, pp. 135-168, 1990.