

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
Instituto de Geociências e Ciências Exatas
Câmpus de Rio Claro

CAMILA JARDINETTI CHAVES

MAPEAMENTO GEOAMBIENTAL DOS MUNICÍPIOS DE ESPÍRITO
SANTO DO PINHAL E SANTO ANTÔNIO DO JARDIM (SP)

Rio Claro - SP
2014

CAMILA JARDINETTI CHAVES

MAPEAMENTO GEOAMBIENTAL DE ESPÍRITO SANTO DO PINHAL E
SANTO ANTÔNIO DO JARDIM (SP)

Dissertação de Mestrado apresentada ao
Instituto de Geociências e Ciências Exatas do
Campus de Rio Claro, da Universidade
Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho,
como parte dos requisitos para obtenção do
título de Mestre em Geociências e Meio
Ambiente.

Comissão Examinadora:

Prof. Dr. Fábio Augusto Gomes Vieira dos Reis
IGCE/UNESP/Rio Claro (SP)

Prof. Dr. José Eduardo Zaine
IGCE/UNESP/Rio Claro (SP)

Prof. Dr. Oswaldo Augusto Filho
EESC/USP/São Carlos (SP)

RESULTADO APROVADA

Rio Claro, SP 23 de Maio de 2014.

624.151 Chaves, Camila Jardinetti
C512m Mapeamento geoambiental dos municípios de Espírito Santo do Pinhal e Santo Antônio do Jardim (SP) / Camila Jardinetti Chaves. - Rio Claro, 2014
146 f. : il., figs., tabs., quadros, fots., mapas

Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista, Instituto de Geociências e Ciências Exatas
Orientador: Fábio Augusto Gomes Vieira dos Reis

1. Geologia de engenharia. 2. Análise integrada. 3. Abordagem multitemática. 4. Processos geológicos. 5. SIG. I. Título.

AGRADECIMENTOS

Dedico especial agradecimento ao professor orientador Fábio, pela confiança, paciência e dedicação a este trabalho, conduzindo os passos e pensamentos para o alcance de meus objetivos.

Agradeço a todos os professores que passaram pela minha vida e vieram a acrescentar na pessoa que sou hoje, principalmente a professora e amiga Ada Borges Custódio, pelo seu companheirismo desde a graduação em geografia e também a professora Máisa que me incentivou a fazer o mestrado.

Dedico esta, bem como todas as minhas conquistas, aos meus amados pais Fernando e Marilei, irmã Karina pelo apoio e carinho, pois não mediram esforços para que eu chegasse até esta fase da minha vida. Ao meu namorado e melhor amigo, Lucas, pela grande paciência e compreensão com meu mau humor frequente nesses dois anos.

As minhas amigas Ana Maria, Andréa, Dayane, Márcia e Claudia Vanessa por tornarem as coisas mais fáceis e agradáveis durante essa jornada. E a querida Rosângela Vacello por estar sempre disposta a auxiliar e resolver os diversos problemas.

Por fim, agradeço ao apoio financeiro da FAPESP e, a todos que de alguma forma contribuíram durante esses anos de mestrado.

***“O grande problema é que o poder é
monolítico e o conhecimento é frágil”***

(Aziz Ab’Saber)

RESUMO

O mapeamento geoambiental vem se mostrando um importante instrumento de planejamento ambiental, para gestão das inter-relações nas práticas antrópicas com o espaço geográfico. Neste contexto, o presente trabalho tem como objetivo a elaboração da carta geoambiental dos municípios vizinhos, Espírito Santo do Pinhal e Santo Antônio do Jardim (SP). Área conhecida pela complexa organização paisagística, devido o contato existente entre os sedimentos da Bacia do Paraná com o Embasamento Cristalino. Na área de estudo existem problemas relacionados à inundação ao longo do ribeirão dos Porcos e do rio Jaguari Mirim, sendo que na região serrana, o relevo acidentado favorece os processos do meio físico, relacionados à erosão linear, e movimentos de massa. A metodologia adotada compreende a análise integrada e a abordagem multitemática. A primeira refere-se à análise integrada dos elementos do meio físico, a partir do método proposto por Zaine (2011), para a fotointerpretação, aplicada nas imagens de satélite do (*Landsat TM 5/banda 5*), aos produtos auxiliares (carta hipsométrica, declividade e curvatura) e trabalhos de campo para a delimitação das unidades fisiográficas. A segunda, denominada de abordagem multitemática, foi considerado o método de Processo de Análise Hierárquica (AHP), para que houvesse consistência na ponderação das cartas temáticas de (compartimentação fisiográfica, uso e cobertura da terra, chuvas intensas médias e de áreas de preservação permanente, conforme as diretrizes da Lei 12.651/2012). A carta geoambiental foi com uso do Sistema de Informações Geográficas *ArcGis 10*, na escala 1:50.000, com sete unidades geoambientais, conforme as potencialidades e suscetibilidades aos processos do meio físico e a ocupação antrópica, de forma a subsidiar o desenvolvimento sustentável das práticas econômicas e o gerenciamento dos recursos ambientais. De acordo com os resultados obtidos, constatou-se que as unidades com maior suscetibilidade as chuvas intensas médias encontram-se no Planalto Atlântico. Os resultados obtidos estão apresentados em forma de cartas, pranchas, fotografias, quadros descritivos e tabelas de síntese.

Palavras-chave: Mapeamento Geoambiental. Análise Integrada. Abordagem Multitemática. Processos geológicos. SIG.

ABSTRACT

The geoenvironmental mapping has proved an important instrument of environmental planning for administration of the inter-relations in the anthropical experiences with the geographical space. In this context, the present work has the objective the elaboration of the geoenvironmental letter of the near municipality, Espírito Santo do Pinhal and Santo Antônio do Jardim (SP). It's a known for its complex scenic organization, due to the contact being among the sediments of Basin of Paraná with the Crystalline Basement. In the area of the study there are problems related to the inundation along the stream of the Porcos and the Jaguari Mirim river, being that in the Hill region, the bumpy land exhibits the processes of the land, related to the straight erosion and mass wasting. The methodology comprises the integrated analysis and cross-thematic approach. The first refers to integrative approach of the elements of the land through the photo interpretation, applied on satellite images of the (Landsat TM 5/banda 5), auxiliary products (hipsometric, slope and curvature letter) and works of area in the delimitation of the physiographic units and the cross-thematic. The second, called of cross-thematic approach was considered the method of Hierarchal Analysis Process (AHP), in oder to there was consistence in the cogitation of the thematic letters of (physiographic subdivision, use and covering of the land, intense rain and areas of permanent preservation, according to the directresses of the Law 12.651/2012). The geoenvironmental letter was generated by Geographic Information System ArcGIS 10, in the scale 1:50.000, with seven geoenvironmental units as the strengths and susceptibilities to the processes of the physical environment and human occupation, in order to support the sustainable development of economic practices and management of environmental resources. According to the results, it was found that units with higher susceptibility intense rain averages are in the Atlantic Plateau. The results are presented in form of letters, planks, photographs, descriptive tables and summary tables.

Key-Words: Geoenvironment Mapping. Integrative Approach. Cross-thematic Approach. Geological Process. GIS.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Enchente e Inundação	21
Figura 2. Exemplo de comparação par a par com três opções	40
Figura 3. Localização da área de estudo	45
Figura 4. Unidades Geomorfológicas da área de estudo.....	48
Figura 5. Unidades Geologias da área de estudo	51
Figura 6. Hidrografia da área de estudo	54
Figura 7. Produto Interno Bruto de Espírito Santo do Pinhal (Valor adicionado)	57
Figura 8. Posição de Espírito Santo do Pinhal no ranking de riqueza municipal	58
Figura 9. Produto Interno Bruto de Santo Antônio do Jardim (Valor adicionado)	59
Figura 10. Posição de Santo Antônio do Jardim no ranking de riqueza municipal.....	60
Figura 11. Fluxograma Metodológico	61
Figura 12. Distribuição dos Pluviômetros na Área de Estudo	77
Figura 13. Distribuição das classes de declividade na área de estudo	81
Figura 14. Carta de Declividade da área de estudo.....	82
Figura 15. Carta Hipsométrica da área de estudo	83
Figura 16. Carta de Curvatura Vertical da área e estudo	84
Figura 17. Carta de Compartimentação Fisiográfica da área de estudo	86
Figura 18. Caracterização da unidade 1	88
Figura 19. Caracterização da unidade 2	90
Figura 20. Caracterização da unidade 3	92
Figura 21. Caracterização da unidade 4	94
Figura 22. Caracterização da unidade 5	96

Figura 23. Caracterização da unidade 6	98
Figura 24. Caracterização da unidade 7	100
Figura 25. Caracterização da unidade 8	102
Figura 26. Caracterização da unidade 9	104
Figura 27. Caracterização da unidade 10	106
Figura 28. Carta do Uso e Cobertura da terra	110
Figura 29. Carta de Chuvas Intensas Médias	112
Figura 30. Carta das Áreas de Preservação Permanente na área de estudo	114
Figura 31. Carta Geoambiental da área de estudo	117
Figura 32. Área sem proteção arbórea na subunidade geoambiental B1	119
Figura 33. Escorregamento circular sem a devida manutenção sobre a medida adotada para a contenção do fenômeno.	121
Figura 34. Sulcos erosivos em talude no município de Santo Antônio do Jardim	122
Figura 35. Depósito de talús	123
Figura 36. Blocos rochosos próximos ao talude de corte	124
Figura 37. Erosão em taludes (rodovia)	125
Figura 38. Atividade pecuária na unidade geoambiental F2. Detalhe na ausência de mata ciliar	126
Figura 39. Topo de morro sem cobertura vegetal apropriada	127
Figura 40. Processos erosivos no córrego Santa Barbara	127

LISTA DE QUADROS

Quadro 1. Principais linhas metodológicas para elaboração de mapas geoambientais	23
Quadro 2. Escala de Saaty para comparação par a par	39
Quadro 3. Palavras chaves adotadas no levantamento bibliográfico	63
Quadro 4. Análise geológica nas imagens de sensoriamento remoto.....	67
Quadro 5. Critérios analíticos utilizados na Compartimentação Fisiográfica.....	69
Quadro 6. Critérios utilizados para a definição dos pesos para cada unidade fisiográfica	71
Quadro 7. Classes de fragilidades estabelecidas no uso e cobertura da terra	71
Quadro 8. Classe de suscetibilidade a chuvas intensas na área de estudo.....	72
Quadro 9. Uso e cobertura da terra conforme as unidades fisiográficas.....	108
Quadro 10. Áreas de Preservação Permanente presentes na área de estudo	113

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Características do sensor TM e da Órbita do Landsat - 5.....	37
Tabela 2. Representação da matriz de comparação dos julgamentos das três opções	40
Tabela 3. Soma das colunas da matriz recíproca	42
Tabela 4. Normalização da matriz recíproca.....	42
Tabela 5. Cálculo do Auto vetor	42
Tabela 6. Índice de Consistência	43
Tabela 7. Culturas Permanentes no município de Espírito Santo do Pinhal em 2010	57
Tabela 8. Culturas Temporárias no município de Espírito Santo do Pinhal em 2010.	57
Tabela 9. Culturas Permanentes no município de Santo Antônio do Jardim em 2010	59
Tabela 10. Culturas Temporárias no município de Santo Antônio do Jardim em 2010	59
Tabela 11. Valores ótimos de n para X_c e para $\alpha = 0,05$ e $P_u = 0,85$, e correspondentes valores de β para $P_p = 0,90$; $0,95$ e $0,99$	73
Tabela 12. Dados de chuva acumulada registrados em pluviômetros	75
Tabela 13. Classes hipsométricas da área de estudo	81
Tabela 14. Relação de pontos classificados em campo	107
Tabela 15. Distribuição em área das classes.....	111
Tabela 16. Matriz AHP dos atributos utilizados na carta geoambiental: Matriz Recíproca	115
Tabela 17. Matriz Normalizada.....	115
Tabela 18. Análise de Erro	115

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

IPT - Instituto de Pesquisas Tecnológicas de São Paulo

SBCG - Simpósio Brasileiro de Cartográfica Geotécnica e Geoambiental

CBGE - Comissão de Cartografia Geotécnica e Geoambiental

LAGEOLAM - Laboratório de Geologia Ambiental – LAGEOLAM

UFSM – Universidade Federal de Santa Maria

U.G – Unidade Geoambiental

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística.

SGB - Serviço Geológico do Brasil

SIG - Sistemas de Informação Geográfica

UBC - Unidades Básicas de Compartimentação

UTB - Unidades Territoriais Básicas – UTB

REM - Radiação Eletromagnética

CIAGRO - Centro Integrado de Informações Agrometeorológicas

IG - Instituto Geológico

GPS - Global Positioning System

UTM - Universal Transversa de Mercator

PIB - Produto Interno Bruto

IPRS - Índice Paulista de Responsabilidade Social

IEA - Instituto de Economia Agrícola

CATI - Coordenadoria de Assistência Técnica Integral

LUPA - Levantamento Censitário de Unidades de Produção Agropecuária

SEADE - Fundação Sistema Estadual de Análise de Dados

VNP (*Virtual Private Network* ou Rede Virtual Privada)

LISTA DE SÍMBOLOS

Hab - habitantes

MW - Megawatt

R\$ - Símbolo Monetário (Real)

°C - Graus Celsius

mm - Milímetro

km² - Quilômetro quadrado

km - Quilômetro

% - Percentual

Cwa - clima subtropical

Cwb - clima subtropical de altitude

ha - hectare

m - metros

ÍNDICE

1. INTRODUÇÃO	15
2. OBJETIVOS	17
3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	18
3.1. Cartografia Geoambiental	18
3.2. Compartimentação Fisiográfica	28
3.2.1. Fotointerpretação	31
3.3. A Utilização de SIGs em Estudos de Mapeamento Geoambientais	34
3.4. Método AHP. Processo Analítico Hierárquico	38
4. CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO	44
4.1. Aspectos Gerais	44
4.2. Aspectos do Meio Físico	46
4.2.1. Geomorfologia	46
4.2.2. Geologia	49
4.2.3. Hidrologia	52
4.2.4. Clima e Vegetação	55
4.2.5. Aspectos do Meio Socioeconômico	56
5. MATERIAIS E MÉTODOS	61
5.1. Pesquisa Bibliográfica e Aquisição de Imagens Orbitais e Documentação Cartográfica	62
5.2. Edição da Base Cartográfica	64
5.3. Elaboração da Carta de Compartimentação Fisiográfica a partir da Análise Integrada	66
5.4. Trabalho de Campo	69
5.5. Elaboração da Carta Geoambiental a partir da Abordagem Multitemática	70
5.5.1. Carta de Uso e Cobertura da Terra	72
5.5.2. Carta de Chuvas Intensas Médias	74
5.5.3. Carta de Áreas de Preservação Permanente	78
6. RESULTADOS E DISCUSSÕES	80
6.1. Produtos Auxiliares para a Elaboração da Carta de Compartimentação Fisiográfica	80
6.2. Carta de Unidades Fisiográficas	85

6.2.1. Unidade 1. Planície Aluvionar	87
6.2.2. Unidade 2. Intrusões básicas em relevo de morros e morrotes	89
6.2.3. Unidade 3. Grupo Itararé em relevo de colinas médias.....	91
6.2.4. Unidade 4. Granitos finos a médios e migmatitos subordinados em relevo de morros	93
6.2.5. Unidade 5. Complexo Migmatítico-Granítico em relevo de morros paralelos..	95
6.2.6. Unidade 6. Complexo Migmatítico-Granítico em relevo de mar de morros e paralelos.....	97
6.2.7. Unidade 7. Granito Porfiróide em relevo de morros	99
6.2.8. Unidade 8. Depósito de tálus em encostas	101
6.2.9. Unidade 9. Granito Porfiróide em relevo de morros com serras restritas	103
6.2.10. Unidade 10. Granito Porfiróide em topo de morros e serras restritas	105
6.3. Uso e Cobertura da Terra.....	107
6.4. Carta de Chuvas Intensas Médias	111
6.5. Carta de Áreas de Preservação Permanente.....	113
6.6. Carta Geoambiental: avaliações e recomendações	115
6.6.1. Unidade Geoambiental A	116
6.6.2. Unidade Geoambiental B	118
6.6.2.1. Subunidade Geoambiental B1.....	118
6.6.2.2. Subunidade Geoambiental B2.....	119
6.6.3. Unidade Geoambiental C	120
6.6.4. Unidade Geoambiental D	121
6.6.5. Unidade Geoambiental E	122
6.6.6. Unidade Geoambiental F	123
6.6.6.1. Subunidade Geoambiental F1	124
6.6.6.2. Subunidade Geoambiental F2.....	125
6.6.7. Unidade Geoambiental G	126
7. CONCLUSÕES	128
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	131
ANEXOS	141
Anexo 1. Ficha para Levantamento Bibliográfico	142
Anexo 2. Ficha de Campo.....	144

1. INTRODUÇÃO

O uso dos recursos naturais sem planejamento adequado tornou-se um dos grandes problemas nos dias de hoje, de forma a intensificar os processos do meio físico e, junto aos eventos pluviométricos excepcionais desencadeiam diversos danos ambientais, econômicos e sociais.

Grandes modificações são concebidas a superfície terrestre, como aterros e cortes, onde ocorre a exposição do material de origem e a sobreposição/acumulação de diversos outros, como os resíduos. Ação que pode influenciar na capacidade do solo em sustentar vegetações e na sua resistência aos processos erosivos, deslizamentos, contaminação de aquíferos e o desequilíbrio hidrológico associado à compactação e a impermeabilização, aumentando as taxas de escoamento superficial e contribuindo com os fenômenos de inundações e enchentes nas áreas urbanas e rurais. Destacam-se também as práticas agrícolas que fazem o uso intensivo do solo, por vezes mal manejado, podendo ocasionar sua exaustão e conduzir a um alto impacto ambiental.

Nesse sentido, é de grande importância considerar as características do meio físico, de forma a reconhecer suas potencialidades e fragilidades quanto ao uso da terra de acordo com suas condições naturais, buscando o apropriado desenvolvimento econômico do lugar. Dados sobre as potencialidades e restrições de uso da terra que podem ser obtidos a partir do mapeamento geoambiental, que vêm se mostrando bastante eficiente, sendo um dos instrumentos de planejamento ambiental que visa o estudo da interação do homem com o espaço geográfico, através da adequação das diferentes formas de ocupação do território, buscando minimizar os prejuízos.

Nesta dissertação é apresentado o estudo referente ao mapeamento geoambiental, em escala 1:50.000 dos municípios de Espírito Santo do Pinhal e Santo Antônio do Jardim, localizados no estado de São Paulo. Área de estudo escolhida devido ao contato existente entre a Bacia Sedimentar do Paraná com as rochas do Embasamento Cristalino, pela complexa organização paisagística, onde há problemas relacionados a processos de dinâmica superficial, tais como: enchentes, inundações, erosão e movimentos de massa e, também por serem municípios que não possuem parques de conservação ambiental.

Para o desenvolvimento do estudo foram empregadas duas abordagens metodológicas, a análise integrada e a análise multitemática com processamento e integração dos dados a partir do Sistema de Informações Geográficas (SIG), ArcGis10.

A análise integrada representou a fase de elaboração da carta de compartimentação fisiográfica a partir da fotointerpretação realizada em imagens de satélite do Landsat TM 5, com o auxílio das cartas de hipsometria, declividade, curvatura vertical do terreno e mapas com informações geomorfológicas e geológicas da área. A análise integrada foi necessária, pois os mapas de geologia e geomorfologia da área encontra-se em escalas diferentes, o que impossibilita a sua sobreposição.

Para a abordagem multitemática, foram elaboradas as cartas de uso e cobertura da terra, chuvas intensas e áreas de preservação permanente que junto à carta de compartimentação fisiográfica, receberam peso de importância, de acordo com o Processo Analítico Hierárquico, conhecido como método (AHP). A sobreposição dessas quatro cartas pela ferramenta *Weighted Overlay* do software ArcGis10, resultou na carta geoambiental da área de estudo com a classificação de 7 unidades geoambientais de acordo com suas potencialidades e fragilidades, relacionados ao assoreamento, enchentes, inundações, processos erosivos, movimentos de massa, entre outros avaliados e, posteriormente recomendações foram propostas a esses processos do meio físico de acordo com as características de cada unidade.

2. OBJETIVOS

O objetivo principal da presente pesquisa foi elaborar o mapa geoambiental dos municípios de Espírito Santo do Pinhal e Santo Antonio do Jardim (SP), na escala 1:50.000, visando definir as potencialidades e fragilidades do meio analisado em relação aos aspectos fisiográficos, de uso e cobertura da terra, pluviometria e áreas de preservação permanente.

3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

O termo geoambiental compreende a atuação de profissionais das Geociências e Meio Ambiente e da Geologia de Engenharia, onde por meio da cartografia, buscam a gestão ambiental do meio físico estudado (VEDOVELLO, 2004). Sendo que nos últimos anos, metodologias utilizadas na cartografia geoambiental no Brasil, começam a ser aprimoradas e ganham importância em estudos de bacias hidrográficas e até mesmo em pesquisas ambientais de caráter mais amplo.

3.1. Cartografia Geoambiental

A cartografia geoambiental começou a ser desenvolvida no Brasil a partir das décadas de 1970 e 1980, que segundo Vedovello (2004, p. 337) esse tipo de cartografia é “como todo o processo de obtenção, análise, representação, comunicação e aplicação de dados de informações do meio físico” e tem como objetivo auxiliar nas decisões quanto aos problemas relacionados ao mesmo, associados ou não a ocupação antrópica a partir da elaboração de cartas ou mapas. Problemas no Brasil, relacionados principalmente aos processos geológicos exógenos, como:

- Assoreamento: incidem nos rios, lagos, represas e reservatórios pela obstrução de areia, detritos e sedimentos decorrente de erosões naturais ou antrópica, ocasionam diversos impactos ao diminuir o armazenamento de água devido à redução da profundidade da calha de cursos d'água, gerando enchentes e inundações, afetando a qualidade da água e também a biodiversidade existente.
- Erosão: pode ocorrer em condições naturais, em um processo lento e contínuo através do desgaste do solo e da rocha pela água, vento, gelo e organismos (intemperismo), ou de forma acelerada onde há a intervenção humana que ligada às condições naturais (cobertura vegetal, relevo, solos e o substrato rochoso) aumentam a intensidade do processo, desenvolvido pelo desflorestamento e do uso e ocupação do solo de forma inadequada. Sem o controle, pode ocasionar a

degradação de solos agricultáveis, de áreas urbanas e alterar os recursos hídricos. Com a concentração das chuvas em determinados meses do ano, sucede o escoamento superficial junto à remoção das partículas dos solos desagregados e acontece a erosão. Explica Infanti Jr., Fornasari Filho (1998 p. 137) que:

Dependendo da forma que se processa o escoamento superficial, ao longo de uma encosta, pode-se desenvolver dois tipos de erosão: erosão laminar, ou em lençol, causada pelo escoamento difuso das águas das chuvas, resultando na remoção progressiva e uniforme dos horizontes superficiais do solo, e a erosão linear, causada pela concentração das linhas de fluxo das águas de escoamento superficial, resultando em pequenas incisões na superfície do terreno, em forma de sulcos, que pode evoluir, por aprofundamento para ravinas.

- Movimento de massa, quando há o desprendimento e transporte de materiais (solo e/ou fragmentos de rochas) presentes nas vertentes. Movendo vertente abaixo, devido à força da gravidade, podendo ser acelerado no caso do Brasil, pela ação das águas correntes e atividades antrópicas. Quanto aos tipos de movimentos de massas, destacam-se:
 - a) Rastejo: caracteriza-se por ser um movimento bastante lento e por não apresentar uma superfície de ruptura bem definida, como o escorregamento. O processo de rastejo pode afetar grandes áreas do terreno, vindo a ser comprovado pela inclinação de árvores, cercas e postes. Porém, com o aumento da saturação de água no solo, o movimento pode se tornar mais rápido, transformando-o em um escorregamento.
 - b) Escorregamento: “consistem no movimento rápido de massas de solo ou rocha, geralmente bem definidas quanto ao seu volume, cujo centro gravidade se deslocam para baixo e para fora de um talude” (INFANTI Jr.; FORNASARI FILHO, 1998, P.137). Movimento bastante comum no território brasileiro, que pode ser classificado de

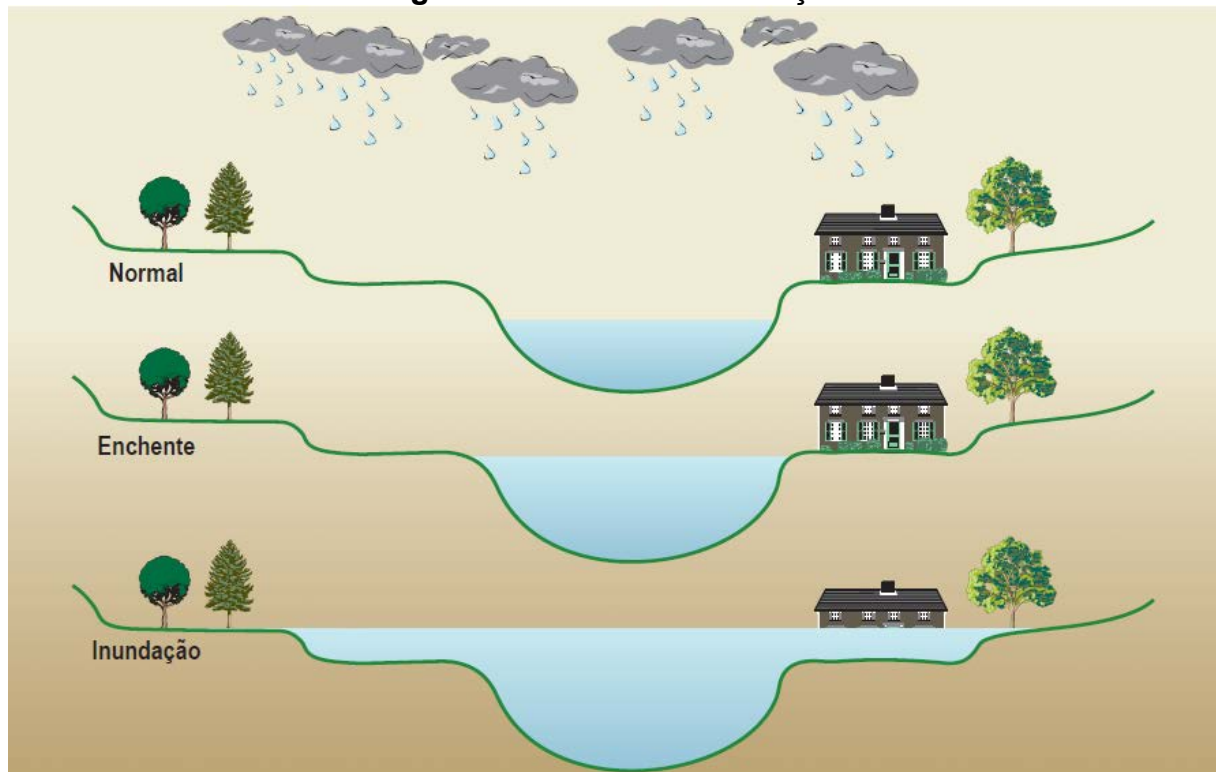
acordo com sua geometria e seu material como: escorregamentos planares translacionais – geralmente ocorre em solos pouco espessos, como nas encostas serranas brasileiras. “Sendo condicionados por estruturas planares desfavoráveis à estabilidade, relacionadas a feições geológicas diversas” (INFANTI Jr.; FORNASARI FILHO, 1998, P.137). Escorregamentos circulares rotacionais está relacionado geralmente a aterros, solos espessos e rochas sedimentares ou cristalinas fraturadas, onde ocorrem sucessivos deslizamentos em série ao longo de uma superfície encurvada. E por último os escorregamentos em cunha – condicionado por estruturas planares de maciços rochosos e saprolitos, ocorre o deslocamento de um prisma ao longo da linha de intersecção destes planos (INFANTI Jr.; FORNASARI FILHO, 1998).

- c) Corridas de massa: associada a grande concentração de água superficial, relacionada à intensa precipitação pluviométrica, num curto espaço de tempo, tornando os materiais com parte argilosa e misturada a água, num líquido viscoso, conhecido como (lama), que é levado através de um movimento rápido, para as partes mais baixas do terreno.
- d) Queda de bloco: movimento rápido, bastante comum em pedreiras de diabásico, basalto, granito e regiões serranas (maciço fraturado), onde blocos e/ou lascas de rocha recentemente solta, caem em queda livre de encostas ou taludes verticais.
- Enchentes ou cheias: fenômeno natural decorrente dos processos erosivos sobre os cursos d’água, ocasionando o assoreamento, também causado pela impermeabilização das áreas de infiltração na bacia de drenagem e fatores climáticos. Onde há à elevação da água de um determinado rio ou córrego até a altura de suas margens (GOERL, M.; KOBIYAMA, R. F, 2005).

- Inundações: a inundação ocorre quando há o transbordamento da água para as áreas adjacentes, como pode ser observado na (figura 1). Assim essas águas podem atingir comunidades instaladas sobre a planície de inundação ou nas proximidades dos rios, e gerar prejuízos de pequena ou grande intensidade, caracterizando-se como desastre natural (GOERL, M.; KOBIYAMA, R. F, 2005).

Sendo as enchentes e inundações, fenômenos responsáveis por grandes perdas econ micas e de vidas humanas, esta última relacionada principalmente aos escorregamentos entre outros tipos de processos.

Figura 1. Enchente e Inundação



Fonte: (GOERL, M.; KOBIYAMA, R. F, 2005, P. 49).

Compreender melhor esses fenômenos, para um planejamento do uso e ocupação do solo em áreas ribeirinhas e em áreas urbanas, é de extrema importância. Sendo o Brasil, um país com capacidade de desenvolvimento e possibilidades de expansão na ocupação territorial do meio físico, necessitará de mapas que contenham esse tipo de informação, como os geoambientais.

Fiori (2004), descreve que, para colaborar nas análises do geoambiente, assim em diagnósticos do meio físico:

[...] estão sendo desenvolvidas metodologias de mapeamento ou de ordenamento do território, como são os casos dos zoneamentos ambientais e geoambientais, estudos de impacto ambiental e de planejamento territorial. O objetivo de tais mapas é a compartimentação do território com base nas características do geoambiente, suas inter-relações e relações com o meio biológico e com as atividades antrópicas, colocando em evidências as suas potencialidades ou restrições de uso (p. 287).

Salienta Aswathanarayana (1995), que as análises geoambientais estão relacionadas à faixa superior da litosfera, que correspondem: aos fluídos, gases, organismos, rochas e solos. Que sofrem alterações, devido: as atividades humanas, o clima, a cobertura vegetal, sendo influenciados também pelas características do terreno.

Fiori (2004), destaca que, de forma geral, a preparação desses mapeamentos está relacionada à sobreposição de mapas temáticos, elaborados por ferramentas de apoio técnico presentes na cartografia digital, Sistemas de Informações Geográficas (SIG) e Sensoriamento Remoto (RS). Dentre os mapas temáticos o: Geológico, Geomorfológico, Pedológico, Litológico, Declividade, Drenagem e do Uso e Ocupação do Solo. Sendo que há a possibilidade de integração dessas informações através dos seguintes métodos:

- a) Qualitativos, pela sobreposição de níveis de informação ou layers;
- b) matriciais, a partir de pesos são relacionados atributos e parâmetros do meio físico;
- c) probabilísticos, através de funções de probabilidades são relacionados atributos do meio físico, e
- d) Determinísticos, onde funções matemáticas são utilizadas na avaliação dos aspectos do meio físico.

Quatro métodos que possuem vantagens e desvantagens quanto ao custo, rapidez e credibilidade.

Silva; Dantas (2010), também apresentam o método de elaboração desse tipo de mapeamento através da sobreposição, no caso denominado de análise multitemática (linha analítica). Além dessa, esses autores explicam a linha metodológica sintética para a preparação do mapa geoambiental, como pode ser observado no (quadro 1).

Metodologias com enfoque analítico, relacionadas à cartografia temática, acontecem quando a superfície da terra é analisada como resultado de uma sobreposição vertical dos elementos, a partir de um Sistema de Informação Geográfica (SIG). Ocorre então, à definição de unidades geoambientais (táxon menor) representado por diversos temas, junto às potencialidades e fragilidades de uma região, tendo como resultado um produto de síntese. Ou seja, primeiramente são elaborados diversos mapas básicos, relacionados aos componentes do meio físico, como: (declividade, forma do relevo, materiais inconsolidados, substrato rochoso, entre outros) trabalhados separadamente, e só depois ocorre à integração e delimitação das unidades (SILVA; DANTAS, 2010).

Quanto ao enfoque sintético, (análise integrada), como é denominado o segundo procedimento, que de acordo com Lollo (1998) e Vedovello et al., (2002), serão determinadas/delimitadas e caracterizadas as unidades do terreno ou fisiográficas a partir da análise das feições do relevo (*landforms*), pelas técnicas de fotointerpretação aplicados em dados de sensoriamento remoto. Baseia-se na morfolitoestrutura, o mapa exibe a superfície como um mosaico de unidades homogêneas, formado pela junção horizontal e desenvolvido para diferentes fins (CENDRERO, 2004; SILVA; DANTAS, 2010).

Quadro 1. Principais linhas metodológicas para elaboração de mapas geoambientais

ANÁLITICA	SINTÉTICA
Elaboração de mapas temáticos	Elaboração de mapas de unidades homogêneas
Avaliação de elementos em mapas temáticos	Avaliação das unidades homólogas por foto-análise
Análise multitemática, com enfoque geossistêmico	Análise sintética, com ênfase na informação geológica
Elaboração de mapas de Unidades de Paisagem	Elaboração de mapas de Geodiversidade

Fonte: Adaptado de Silva e Dantas (2010).

Seguindo a linha analítica, pesquisadores do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – (IBGE), desenvolveram conceitos pioneiros sobre mapas geoambientais em 1986, 1990 e 1993. Onde são considerados os aspectos geológicos, geotectônicos e paleoclimáticos no arranjo estrutural do relevo, definindo assim, a área de estudo em macrocompartimentos, classificados do táxon maior para o menor, denominados de: *Domínios, Regiões e Geossistemas* (DEL'ARCO, 1999 *apud* SILVA; DANTAS, 2010).

Outros trabalhos com esse tipo de enfoque e conceito estão relacionados às pesquisas de Corrêa; Ramos (1995), analisadas pela correlação dos parâmetros das cartas temáticas de: aptidão das terras, clima, geologia, relevo, solo, vegetação e uso atual, na elaboração do mapa geoambiental.

E por fim, destacam-se aqueles realizados pelo Serviço Geológico do Brasil – (SGB/CPRM):

[...] entendendo que os *Domínios Geoambientais* são definidos pelos constituintes geológicos e padrões de relevo, as *Unidades Geoambientais* (táxon menor) pelos solos e cobertura vegetal e uso atual das terras, com a elaboração, dependendo das características regionais, dos demais temas: recursos minerais, formações superficiais, geoquímica ambiental, hidrologia, hidrogeologia, riscos geológicos, geofísica, solos, aptidão agrícola, unidades de conservação e pontos turísticos. Baseado nas informações dos temas levantados é apresentado na legenda, para cada unidade geoambiental, as potencialidades e fragilidades ao uso e ocupação frente às obras viárias e enterradas, minerais, águas, agricultura e turísticas (SILVA; DANTAS, 2010, p. 04).

A linha sintética começou a ser aplicada principalmente nas regiões metropolitanas e também nas bacias hidrográficas em 1994, pelo Serviço Geológico do Brasil – (SGB/CPRM).

Nessa abordagem, foram considerados na elaboração do mapa geoambiental na escala 1:100.000, métodos desenvolvidos por Theodorovicz (1994), relacionado à morfolitoestrutura, onde várias informações sobre as características do meio físico estudado são coletados principalmente através de trabalhos de campo, de forma a identificar suas potencialidades e fragilidades, em busca do planejamento sustentável das formas de uso e ocupação do solo ao subsidiar macrodiretrizes.

“[...] estabelecendo os *Domínios e Subdomínios*, através da fotointerpretação, destacando-se a análise lógica dos sistemas de drenagem e relevo, conforme

concebido por Guy (1966) e Rivereau (1972) e as lineações estruturais” (SILVA; DANTAS, 2010).

O procedimento de confecção desses enfoques é facilitado a partir das ferramentas de Cartografia Digital e Sistemas de Informação Geográfica (SIG). Que permite uma abordagem complexa do geoambiente¹ para sua gestão através, da integração dos dados de diversas fontes, possibilitando a criação de banco de dados georreferenciados, agilidade na composição de informações e a produção de documentos cartográficos para tomada de decisões necessárias (CENDRERO, 2004; FIORI, 2004).

O propósito dessas linhas é suavizar os efeitos gerados por colapsos, desertificações, erosão, escorregamentos, inundações, entre outros fenômenos naturais estudados atualmente pelos métodos geofísicos e geoquímicos, aprimorando ainda mais as pesquisas geoambientais.

Ambos os procedimentos podem utilizar produtos de sensoriamento remoto. No entanto, salienta Cardoso et. al., (2009) que na abordagem multitemática:

A grande fragilidade da técnica é que ela exige, para que os resultados finais sejam consistentes, que a escala dos mapas cruzados seja semelhante entre si e compatível com a escala final pretendida para a análise, o que nem sempre é possível num país como o Brasil, que apresenta grande carência de mapas básicos. (p. 252).

Dessa forma entende-se que, a metodologia relacionada à análise integrada, melhor satisfaz as expectativas da pesquisa para a compartimentação fisiográfica, pois os mapas relacionados à geologia e geomorfologia da área de interesse, encontram-se em diferentes escalas. Sendo que, para a elaboração do mapeamento geoambiental dos municípios de Espírito Santo do Pinhal e Santo Antônio do Jardim, adotou-se a abordagem multitemática, incorporada pelas cartas de compartimentação fisiográfica, uso e cobertura da terra e chuvas intensas médias, na escala 1:50.000.

O mapeamento geoambiental está relacionado a três etapas, sendo a primeira a compartimentação fisiográfica, em segundo a caracterização das

¹ “[...] Paisagens que foram afetadas por atividades humanas, as quais compreendem rochas, solos, fluídos, gases, organismos. Como todos esses elementos são influenciados pela atmosfera, clima e cobertura vegetal pode-se concluir que a reflexão do geoambiente só é possível com um número elevado de documentos cartográficos que especifique as ocorrências de determinados fenômenos” (DE NARDIN, 2009).

unidades e a terceira a avaliação e classificação das unidades de forma a evidenciar as fragilidades e potencialidades da área de estudo (VEDOVELLO; MATTOS, 1998; SILVA; DANTAS, 2010)

A importância do aprimoramento da metodologia relacionada à cartografia geoambiental no país, pode ser observada na realização de simpósios e congressos na área, como: Simpósio Brasileiro de Cartografia Geotécnica e Geoambiental (SBCG) e Congresso Brasileiro de Geologia de Engenharia (CBGE). Eventos realizados de modo a expor, formas de aplicação desse instrumento de planejamento ambiental no país. E das discussões ocorridas nos mesmos, gerou a Comissão de Cartografia Geotécnica e Geoambiental, estruturada em 2001, no 4º SBCG, ocorrido em Brasília e formalizada em Ouro Preto no ano de 2002, na reunião do 10º CBGE.

No 5º SBCG foram relatados que, 13 instituições, principalmente universidades, elaboraram cerca de 1.144 pesquisas relacionadas a cartografia geoambiental e direcionadas ao planejamento regional e urbanos nas escalas de 1: 10.000 até 1: 1.000.000.

A seguir são apresentados trabalhos que seguiram a linha da cartografia geoambiental, apresentados no 5º SBCG:

Como a pesquisa desenvolvida por Trentin et. al (2004), denominado de Mapeamento Geoambiental na bacia Hidrográfica do rio Reúno – RS, sendo que para gerar unidades do relevo, foram considerados pelos autores: a análise morfométrica da bacia, quanto a área (A), a amplitude altimétrica, ao comprimento total dos canais (ctc), ao coeficiente de capacidade (Kc) e comprimento de rampa, declividade, densidade de drenagem (Dd), fator forma (Kf), índice de rugosidade e a ordem e magnitude (M). Além desses dados, também foi coletado informações a respeito do uso da terra. Esses produtos cartográficos foram integrados, gerando 14 áreas com características semelhantes sobre a bacia.

Outro trabalho que pode ser citado é dos autores Menezes; Zuquette, (2004), Avaliações Metodológicas em estudos geoambientais de bacias hidrográficas: a Bacia do Rio Pardo. Esta pesquisa teve como objetivo, analisar metodologias e informações do meio físico, necessárias para estudos geoambientais em bacias hidrográficas de grande extensão (5º ou maior ordem), a partir da avaliação do aproveitamento de dados existentes sobre o meio físico e da seleção de três trechos das diferentes porções da bacia de acordo com os materiais encontrados.

Essas entre outras pesquisas, desse cunho, que de forma geral, estão relacionadas às regiões sul e sudeste brasileiro, com o intuito de compartimentar a paisagem, assim descritos os problemas geoambientais, para orientar interessados de como deve ser feito o uso adequado do solo, tanto pelas atividades agropecuárias, minerárias ou pelas manchas urbanas e implantação de novos empreendimentos, referentes às bacias hidrográficas principalmente. Em busca do desenvolvimento sustentável em áreas onde há a presença de unidades de conservação e de remanescentes florestais. Sobressaindo-se também aqueles trabalhos sobre a análise dos processos metodológicos designados a estudos geoambientais.

Em relação às pesquisas da região sul, destaca-se a metodologia desenvolvida pelo Laboratório de Geologia Ambiental – LAGEOLAM/Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), trabalho realizado na porção oeste do Rio Grande do Sul, essa região foi dividida em unidades geoambientais de modo a conseguir diversos mapeamentos sistêmicos na escala 1:50.000.

Diante das pesquisas citadas, considera-se que, atualmente, o mapeamento geoambiental é um instrumento em desenvolvimento, importante e estratégico para o planejamento regional, ligado ao parcelamento e definições de usos do solo, que quando não respeitados agravam os processos geológicos, e assim gerando prejuízos.

Esse tipo de mapeamento tem caráter acadêmico e técnico e, não é considerado pela legislação brasileira. Mesmo assim, é de fundamental importância para a realização de diversos outros trabalhos de mapeamento/zonação previstos pela lei. Servindo como diagnóstico do meio físico através da compartimentação da área, relacionada às características homogêneas, de forma a gerar as unidades geoambientais com base na integração dos dados do meio ambiente e do uso da terra. Para que assim, sejam classificadas as unidades de acordo com a tolerância do ambiente estudado, em relação às interferências humanas (SANTOS, 2004).

De forma geral a base conceitual de mapeamentos geoambientais são semelhantes, apenas se distinguem quanto à metodologia empregada em cada trabalho, na maioria das vezes adaptada aos objetivos desses. Explica Lima e Cestaro (2010) *apud* Adamy (2005), que esses trabalhos “estruturam-se através da geologia e, principalmente, da geomorfologia, por serem mais fáceis de identifica-los

e delimita-los no espaço, contribuindo diretamente para a classificação dos sistemas ambientais” (p. 164).

De acordo com Trentin (2007), sendo essa uma das ferramentas de planejamento ambiental, têm por objetivo a compartimentação da área, através das características do ambiente e sua relação com as atividades antrópicas e o meio biológico. Destacando as restrições de uso, devido às fragilidades naturais do terreno ou relacionados a impactos, riscos e conflitos gerados pela interação humana com o meio ambiente; e também as potencialidades de acordo com as variáveis composta pelo: clima, drenagem, geologia, relevo, uso e ocupação do solo, entre outros, buscando pela sua manutenção para a qualidade de vida social (VEDOVELLO, 2004).

Conduzindo as atividades humanas de acordo com a capacidade de suporte dos recursos naturais. (LIMA; CESTARO, 2010).

3.2. Compartimentação Fisiográfica

Em pesquisas organizadas por Herbertson (1905), constatava-se o que viria a ser a compartimentação fisiográfica. No caso desse autor, desenvolvida pela necessidade de gerar divisões naturais do globo terrestre através do clima, geologia, orografia e vegetação.

Trabalhos que caracterizam o seu início. Dentre esses, o publicado por Fenneman (1916), nos EUA, é apresentado o mapeamento de unidades geoambientais realizado por membros de uma comissão, nomeados pelo “The Association of American Geographers”.

A partir dessas, a compartimentação expande-se principalmente pela Europa e EUA e, inicia-se um processo com objetivo de sistematizar a sua metodologia, sendo incorporado o termo paisagem como critério na realização da compartimentação em uma “área topográfica”, através da união de características geoambientais que se formaria uma “unidade da paisagem”. Processo que teve seu início segundo Vedovello, Mattos (1998), com Bourne (1931) e Unstead (1933).

Esses autores citam também o trabalho “General reportonsurveyof Katherine-Darwanregion, 1946” autoria de Christian e Stewart (1953), onde são analisados os processos e as formas do relevo na compartimentação.

Na época em que esses trabalhos foram produzidos, Vedovello; Mattos (1998), esclarecem a existência de duas linhas de análise dos relevos, a de caráter ecológico (paisagem) e a fisiográfica (geomórfica).

Explicam que no decorrer dos anos a metodologia destinada a compartimentação dos terrenos, (também denominado de compartimentação fisiográfica), foram evoluindo, de forma que hoje em dia, a mais utilizada, é a compartimentação fisiográfica com enfoque nos aspectos geomorfológicos (VEDOVELLO; MATTOS, 1998).

A compartimentação fisiográfica, consiste em dividir o meio físico estudado em unidades homólogas, quanto às características dos elementos presentes neste e, seu comportamento em relação às atividades antrópicas nas imagens de sensoriamento remoto, a partir das diferenças de homogeneidade. De forma, a definir as Unidades Básicas de Compartimentação (UBCs). Essas unidades devem ser conseguidas a partir da abordagem fisiográfica e da análise sistemática de produtos de sensoriamento remoto.

Homogeneidade (ocorrência em uma região de propriedades texturais constantes ou não), que diz respeito às propriedades texturais constantes - homogêneas ou heterogêneas; a tropia relacionada às feições texturais orientadas - anisotropia ou isotropia; assimetria das propriedades texturais - à igualdade (simetria) ou (assimetria) e os elementos texturais, que são a menor superfície contínua e homogênea, presentes nas imagens de sensoriamento remoto que contribuem para que as zonas homogêneas sejam identificadas (VEDOVELLO; MATTOS, 1998).

Quanto a análise para a definição das unidades, pode ser realizado em diversas escalas, através da classificação mais utilizada, chamada taxonômica (relação natural/genética entre as classes) onde Província, Zona, Subzona e Unidade fazem parte da sua hierarquização, ou, a classificação descritiva, pouco utilizada (determinada em função da escala e da finalidade do trabalho).

Os quatro níveis taxonômicos são conceituados por Vedovello e Mattos (1993), o primeiro a ser classificado é a:

Província: a divisão em província é determinada pelas diferentes formas de ocorrência dos elementos fisiográficos relacionados à modelagem tectono-climática a nível regional. Correspondem assim a compartimentos tectônicos atuais os quais englobam regiões com

diversidade genética submetidas agora às mesmas condições climáticas na regência de sua evolução (p. 157).

Neste são considerados nos aspectos texturais, a assimetria das formas de drenagem. Enquanto que a Zona, a segunda a ser conceituada por esses autores, é analisada a assimetria e a tropia das formas de drenagem e relevo.

Zona: a determinação de zonas é feita em função da forma de ocorrência dos elementos fisiográficos relacionados à variações tectono-estruturais e de idade geológica. São então áreas correspondentes à grupos de rochas que apresentam diferenças de ordem genética e de evolução tectônica, e que portanto oferecem “resistência” diversa a modelagem tectono-climática (Vedovello; Mattos, 1993, p. 157).

O terceiro é denominado de Subzona, e nela são consideradas a partir do meio físico, as formas de ocorrência dos elementos presentes no mesmo.

[...] determinadas por diferenças litoestruturais ou de sistemas de relevo ou de processos deposicionais. Constituem estão áreas definidas em função do tipo litológico, da morfologia do relevo e do tipo de sedimento, os quais apresentam composição físico-química específica que é condicionante da modelagem das formas da paisagem (Vedovello; Mattos, 1993, p. 157).

Quanto aos aspectos texturais na Subzona, correspondem ao grau e ordem de estruturação, integrada às formas dos elementos texturais de drenagem e relevo.

Relacionada às unidades básicas do terreno e integradas à ocorrência de “geoformas”, está a Unidade, é o quarto e ultimo nível taxonômico. Neste, os aspectos texturais compreendem as propriedades das formas dos elementos texturais de drenagem e relevo (arranjo, densidade, grau e ordem de estruturação e tipo).

Vedovello e Mattos (1993), descrevem geoformas sendo:

[...] uma parte do terreno onde ocorre uma associação específica das formas de ocorrência de vários elementos fisiográficos que compõem a paisagem, e que são resultantes da ação dos elementos da paisagem exógenos ao meio físico (clima, ação antrópica, etc.), bem como a dinâmica de evolução e das propriedades intrínsecas (estáticas) dos elementos fisiográficos (geologia, solo, vegetação, etc.). Assim, uma geoforma apresenta litologia, forma de relevo, perfil de alteração, vegetação, etc. específicos e constantes na sua área de ocorrência (p. 157).

Na presente pesquisa, optou por desenvolver a compartimentação fisiográfica através do nível taxonômico, já que segundo Vedovello (2008), a utilização da genética na definição das unidades presentes em um compartimento, fundamentalmente devem oferecer as mesmas condições, presentes e passadas de evolução morfoambiental. Dessa forma o processo de compartimentação a partir do nível taxonômico torna-se mais vantajoso.

Dentre as técnicas para a realização da compartimentação fisiográfica, autores como: Guy (1966), Goosen, (1966), Ray (1963), Riverau (1972), Soares; Fiori (1976), Veneziane; Anjos (1982) Vedovello; Mattos (1993), Vedovello (2000), destacam metodologias que mais tarde são sistematizadas por Zaine (2011), relacionadas às etapas de fotointerpretação, para a compreensão dos elementos presentes em produtos de sensoriamento remoto. Essas etapas são: a fotoleitura, fotoanálise e a fotointerpretação.

3.2.1. Fotointerpretação

A fotointerpretação possibilita a análise fisiográfica de diferentes unidades de compartimentação da paisagem, havendo uma relação direta entre as propriedades externas e internas, sendo essa última, analisada de acordo com perfis de solos de uma determinada área de estudo. Unidades que podem ser denominadas de Unidades Geoambientais ou Unidades Básicas de Compartimentação – (UBCs).

No desenvolvimento da metodologia da fotointerpretação geológica e geoambiental, contribuem trabalhos inicialmente produzidos por Guy (1966), onde é definido o elemento de textura da imagem como menor superfície contínua, dando origem ao método lógico de fotointerpretação. Método que mais tarde é abordado por Riverau (1972), onde parâmetros para interpretação da textura e estrutura das feições na imagem são constituídos.

Além desses, pesquisas de fotointerpretação geológica realizados por Soares e Fiori (1976), onde são consideradas as zonas fotogeológicas homólogas, que por possuírem características geológicas e geotécnicas semelhantes, podem proporcionar inferências sobre as propriedades físicas dos materiais inconsolidados, possibilitando a mudança em sua composição química e gerando coberturas com comportamentos espectrais distintos.

Dessa forma a fotointerpretação é uma técnica que auxilia no reconhecimento de formas de relevo e drenagem, através do método adotado por Guy (1966) e

Rivereau (1972), ao considerar a textura das imagens, sejam elas fotografias aéreas e de Radar para a delimitação das zonas homólogas estudadas por Soares e Fiori (1976).

O uso dessa técnica, em imagens de satélite é adaptado na pesquisa desenvolvida por Soares, Fiori e Mattos (1978), destacam sua importância para o planejamento e gestão de uma determinada área, através da análise fisiográfica ao gerar Zonas Homólogas e posteriormente em Unidades Geoambientais. Denominada então de Zonas Homologas de Unidades Básicas de Compartimentação (VEDOVELLO, 2000). Sendo que trabalhos como de Veneziane e Anjos (1982), também se destacam pela utilização de imagens *Landsat* em mapeamentos geológicos a partir do método lógico, de forma a considerar a escala, características espectrais, níveis de cinza, resolução e texturas fotográficas.

Mais tarde essas técnicas são descritas e sistematizadas por Zaine (2011), dentre elas a desenvolvida por Guy (1966), Riverau (1972), Soares e Fiori (1976), Ponçano et. al (1981) e Veneziane e Anjos (1982), onde quadros de análises relacionados a interpretação fotogeológica são apresentados, para que assim se consiga uma compartimentação fisiográfica mais eficaz. Esses quadros de análise são apresentados no capítulo 5.

São consideradas por Soares e Fiori (1976) a fotointerpretação em três etapas, sendo elas:

Fotoleitura: reconhecimento e identificação dos elementos das imagens com os objetos correspondentes e sua repartição. [...] exige o conhecimento das técnicas e processos de obtenção da fotografia tais como: a câmara, a geometria da imagem, as propriedades da visão estereoscópica, as emulsões de impressão e as formas de energia captáveis. Constitui um requisito para o bom desempenho na análise e interpretação das fotos (p. 01).

Ou seja, a fotoleitura está relacionada ao primeiro contato com a imagem a ser interpretada, sendo ela uma foto aérea, de radar ou de satélite, conferindo também sua escala, drenagem, relevo, posicionamento das feições, vegetação, entre outros.

A outra etapa está relacionada à fotoanálise, considerada “estudo das relações entre as imagens, associação e ordenação das partes de imagens”. (SOARES; FIORI, 1976, p. 01).

Consideram o processo de separar objetos ou elementos naturais constituintes como relevo e drenagem, para a obtenção de informações geológicas e, a partir desses, compor associações, definir formas, zonas de repartição dos elementos, seus limites e sua relação com o todo.

Por fim, a última etapa desenvolvida por Soares e Fiori (1976), é denominada de: **“fotointerpretação**: estudo da imagem fotográfica visando à descoberta e avaliação, por métodos indutivos, dedutivos e comparativos do significado, função e relação dos objetos correspondentes às imagens” (p. 01).

Considerando assim a análise de elementos texturais como drenagem e relevo, sendo os seus limites demarcados de acordo com a homogeneidade, tropia e assimetria desses elementos, de forma a identificar as zonas homogêneas em produtos de sensoriamento remoto (VEDOVELLO; MATTOS, 1993).

Os critérios desenvolvidos por Soares e Fiori (1976), para a identificação das zonas homogêneas através dos elementos de fotoanálise e fotointerpretação, são considerados como: propriedade dos elementos texturais, densidade de textura, estrutura, grau de estruturação (ou intensidade) e ordem de estruturação (ou grandeza).

A propriedade dos elementos texturais está relacionada à menor superfície contínua e homogênea, determina qual elemento textural está sendo estudado, (drenagem, relevo ou tonal). “Um elemento textural pode ser a imagem de uma árvore, ou de parte da árvore, dependendo da escala; ou a imagem de uma parte da linha de drenagem ou de parte do relevo” (SOARES; FIORI, 1976, p. 02).

A densidade de textura é o contrário da distância média que afasta os elementos texturais, podendo ser também o maior /menor número de elementos texturais por unidade de área. Descrita em termos qualitativos e comparativos como alta, moderada, baixa, entre outros. Quanto ao “termo estrutura pode referir-se à lei de organização como à disposição ordenada; assim, ao arranjo radial dos elementos de textura denominaremos estrutura radial”. (SOARES E FIORI, 1976, p. 02).

O grau de estruturação (ou intensidade), compreende a regularidade de organização dos elementos texturais, relacionado a lei de ordenação, podendo ser: fracamente estruturada, fortemente, regularmente ordenada, pouco regular ou pouco precisa.

Ordem de estruturação (ou grandeza):

[...] qualifica a complexidade da organização dos elementos ou a superposição de padrões de organização. Tem-se uma estrutura de 1ª ordem, quando apenas uma lei define o padrão de ordenação, como no caso de disposição em linha reta de elementos texturais (SOARES e FIORI, 1976, p. 02).

Podendo ser de primeira ordem, quando um tipo de estrutura ocorre e estrutura de segunda ordem, bem como duas leis determinam o padrão de ordenação e assim por diante (SOARES; FIORI, 1976).

3.3. A Utilização de SIGs em Estudos de Mapeamento Geoambientais

A utilização de SIGs (Sistemas de Informações Geográficas) ou GIS (Geographic Information System) vem sendo bastante utilizado em estudos sobre o meio ambiente atualmente, mostrando-se bastante importante no processamento de dados gráficos e alfanuméricos, em busca da análise espacial e a modelagem de superfícies para o planejamento geoambiental, com o objetivo de facilitar a tomada de decisões governamentais, como a proposta de Pablo et al. (1994), e até mesmo para agilizar na compartimentação de unidades homogêneas e na classificação do uso e cobertura da terra (GRIFFITH et al., 1995).

Câmara (1995), define os SIGs, como sistemas computacionais que possibilitam analisar, apresentar, capturar, consultar, recuperar, manipular e modelar de forma rápida os dados geograficamente referenciados de natureza espacial ou geográfica que são acompanhados por um banco de dados onde há a localização em coordenadas e seus atributos.

A importância da utilização dos Sistemas de Informações Geográficas em estudos geoambientais está relacionada à “[...] eficiência – acesso e modificações de grandes volumes de dados; integridade – controle de acesso por múltiplos usuários; e persistência – manutenção de dados por longo tempo [...]” (SILVA; SANTOS, 2004, p. 238).

Quanto aos diversos estudos integrados sobre o meio ambiente, com a utilização de SIGs, para diferentes fins, no Brasil, segundo Silva; Santos (2004), destacam-se dois tipos de estudos, os:

- **Uniobjetivos:** envolve estudos com produtos ou temas sobre o zoneamento do café, climático e agrícola ou quanto àqueles que abordem a análise da viabilidade ambiental para a implantação de um determinado empreendimento, de forma a atender o aspecto

econômico, social e ambiental, em busca de orientar a instalação adequada para essa atividade. Esse tipo de pesquisa pode estar relacionado ao EIA – (Estudo de Impacto Ambiental).

- Multiobjetivos: referem-se aqueles estudos que buscam:

[...] identificar unidades homogêneas no ecossistema sem a preocupação, a priori, de um empreendimento ou atividade a ser instalada. Porém, em função da vulnerabilidade e da aptidão do meio ambiente, buscam determinar uma série de indicações de uso e a construção de cenários alternativos (SILVA; SANTOS, 2004, p. 239).

Estudos multiobjectivos, como aqueles organizados por C. Y. Ju, et al. (2012), Calderano Filho, et al. (2009), Longhi; Meneses (2005). Sendo que na maioria dessas pesquisas, foi utilizado imagens de Sensoriamento Remoto com o suporte do SIG.

De interesse específico para esta proposta, destacam-se trabalhos desenvolvido por Cardoso et al. (2009), que através do SIG, da abordagem integrada e da fotointerpretação foi identificado as unidades homogêneas do terreno no município de Peruíbe e Jamel et. al. (2007), Gupta; Joshi, (1990) e Ribeiro, (2011), utilizaram à abordagem multitemática e os métodos multicritérios integrados ao ambiente SIG, como ferramentas para promover zoneamento através da atribuição de pesos estabelecidos de acordo com o grau de importância de cada critério.

Na presente pesquisa considerou em especial o conjunto de ferramentas contidas no SIG *ArcGIS® 10*, para o geoprocessamento (técnicas computacionais e matemáticas para tratar ou extrair informações de objetos ou fenômenos geograficamente identificados e observados por um sistema de sensor), de forma a gerar novos produtos cartográficos na escala 1:50.000, que auxiliaram na compartimentação fisiografia realizada a partir de produtos de sensoriamento remoto do *Landsat 5* (sensor TM) e posteriormente para a integração temática das cartas de (uso e cobertura da terra, chuvas intensas médias e áreas de preservação permanente) através de uma lógica de sobreposição, que pode ser definida por uma determinada regra empírica de cruzamento ou através do suporte de modelos matemáticos-estatísticos (PINTO; GARCIAG, 2005). O método aplicado para a

integração dessas cartas temáticas refere-se ao método de Processo de Análise Hierárquica (AHP).

Produtos de sensoriamento remoto, como as imagens de satélite e fotografias aéreas, possibilitam um panorama geral da área de estudo em épocas distintas, o que vem a facilitar a divisão e a análise das similaridades entre as zonas homólogas e da dinâmica do uso da terra. A escolha correta desses produtos, tendo em vista as características da imagem como, o ângulo de elevação solar, a cobertura de nuvens, azimute junto às peculiaridades da área de estudo facilitam o trabalho de interpretação da cena em questão. Lembrando que esses produtos fazem parte de um conjunto de técnicas que aplicam modernos sensores, aeronaves e espaçonaves para estudos da superfície terrestre e as interações entre a Radiação Eletromagnética (REM) com as substâncias presentes na superfície (NOVO, 1992).

Assim a partir desses procedimentos, é possível ter como resultado final, a classificação do terreno em (UBCs) e do uso e cobertura da terra. Na classificação do terreno, divisões fisiográficas que podem ou não estar estruturadas segundo uma relação taxonômica são estabelecidas em diferentes níveis hierárquicos, de acordo com as condições morfoambientais e genéticas de uma determina área (VEDOVELLO, 2000). Quanto à classificação do uso e cobertura da terra, pode ser realizado a partir da interpretação visual ou automática. A técnica de interpretação visual é bastante utilizada mesmo em produtos de média e baixa resolução espacial, como as imagens do sensor Thematic Mapper dos satélites da série Landsat. A vantagem dessa técnica é o reconhecimento de elementos mais complexos que não são incorporados nas análises do valor digital do pixel na imagem. O que vem a tornar essa técnica inviável é grande extensão da área a ser analisada, exigindo maior disponibilidade de tempo. Nesse caso, são empregadas as classificações automáticas. Na presente pesquisa optou-se pela técnica de classificação visual, em razão do tamanho da área de estudo não comprometer o desenvolvimento da pesquisa e também pelos resultados insatisfatórios obtidos com a classificação automática (BERNARDES, 2007).

O produto de sensoriamento utilizado na compartimentação fisiográfica e também na classificação do uso e cobertura da terra, dos municípios de Espírito Santo do Pinhal e Santo Antônio do Jardim (SP), compreende ao satélite mais antigo em operação, desde 1984, o satélite landsat 5 TM, suas características podem ser

observadas na (tabela 1). As imagens do mesmo vêm sendo empregadas principalmente no monitoramento de impactos gerados pelas atividades antrópicas, fenômenos naturais, cobertura vegetal, a dinâmica espaço temporal do uso do solo, urbanização e na atualização de mapas (MELLO, 2009).

Tabela 1. Características do sensor TM e da Órbita do Landsat - 5

Bandas espectrais (µm)	Banda 1 - Azul (0,450 - 0,520) Banda 2 - Verde (0,520 - 0,600) Banda 3 - Vermelho (0,630 - 0,690) Bandas espectrais Banda 4 - Infravermelho próximo (0,760 - 0,900) Banda 5 - Infravermelho médio (1,550 - 1,750) Banda 6 - Infravermelho termal (10,40 - 12,50) Banda 7 - Infravermelho médio (2,080 - 2,350)
Resolução espacial	Bandas 1 - 5 e 7 - 30 metros Banda 6 - 80 metros
Resolução radiométrica	256 níveis de cinza
Dimensões de cada imagem	185 km x 185 km
Resolução temporal	16 dias
Órbita	Heliosíncrona
Altitude	705 km
Inclinação	98,2°
Período da órbita	98.8254241471 min
Órbitas por dia	14. 57114920

Fonte: adaptado (VETORAZZI, 1992 apud VALENTE, 2002).

Neste contexto, o suporte de funções de processamento de dados presentes nos SIGs, constituem uma ferramenta importante na integração das variáveis contidas no meio físico estudado, a partir do mapeamento geambiental. Contribuindo para melhor entendimento do espaço geográfico, visando sua organização, qualidade, desenvolvimento sustentável e precauções quanto aos processos geológicos, que podem ocasionar danos ao ambiente físico, social e prejuízos econômicos. Buscando ao mesmo tempo, respeitar o tempo de renovação da natureza e fornecer suporte para suas potencialidades perante as atividades econômicas.

3.4. Método AHP. Processo Analítico Hierárquico

Analitic Hierarquic Process (AHP) é um método desenvolvido por Thomas L. Saaty na Wharton School of Business (Universidade da Pensilvânia), publicado em 1980 no livro *The Analytic Hierarchy Process*.

O modelo hierárquico de Saaty consiste na criação, de uma hierarquia de decisão que pode auxiliar na adequação de prioridades, onde os diferentes fatores que influenciam na tomada de decisão são organizados hierarquicamente e comparados entre si, através da organização de matrizes de comparação (par a par), assim um peso representando um valor de importância relativa entre ambos os fatores é estabelecido, de forma a evidenciar a intensidade com que um fator predomina sobre o outro, tornando a decisão racional e não intuitiva.

A integração de dados, a partir desse modelo, está presente em diversas áreas do conhecimento, sendo que em pesquisas ambientais, desatacam-se aqueles desenvolvidos por Silva; Nunes (2009), que aplicam a estrutura lógica de análise e integração conhecida como AHP, na elaboração do mapeamento de vulnerabilidade ambiental do município de Pacoti, estado do Ceará. Neste mesmo contexto, é aplicado na bacia hidrográfica do rio Piedade em Minas Gerais por Pinese Júnio (2010). Gimenes (2013) no mapa de fragilidade ambiental em um setor do oleoduto São Paulo – Brasília (OSBRA), onde a técnica AHP foi empregada tanto na análise de fragilidade ambiental para ponderar os diferentes atributos (meio físico, biótico e socioeconômico), tanto na ponderação dos mapas temáticos. Procedimento também utilizado na priorização de obras de intervenção em áreas e setores de risco geológico é uma pesquisa elaborada por Paula de; Cerri (2012), nos municípios de Itapecerica da Serra e Suzano (SP).

Dessa forma, as etapas do Processo Analítico Hierárquico (AHP), de acordo com Saaty (1980), consiste em:

- Definir o objetivo (ou objetos);
- Definir as alternativas;
- Definir os critérios relevantes para o problema e decisão;
- Analisar as alternativas em relação dos critérios;
- Avaliar a importância relativa de cada critério, e
- Determinar a avaliação global de cada alternativa.

O (quadro 2), compreende a escala de comparação estabelecida por Saaty, onde estão presentes os pesos atribuídos aos critérios (intensidade de importância) e sua descrição, para a análise/comparação pareada ou (par a par).

Quadro 2. Escala de Saaty para comparação par a par

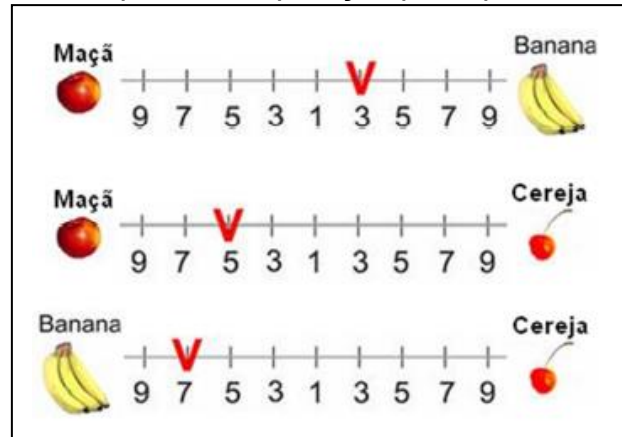
Intensidade de importância	Recíproco	Definição	Explicação
1	1	Importância igual.	As duas atividades contribuem igualmente para o objetivo.
2	1/2	Valor intermediário entre julgamentos: igual à pequena.	Condição intermediária entre duas definições.
3	1/3	Pequena importância de uma sobre a outra.	O julgamento favorece levemente uma atividade em relação à outra.
4	1/4	Valor intermediário entre julgamentos: pequena a grande.	Condição intermediária entre duas definições.
5	1/5	Importância grande.	O julgamento favorece fortemente uma atividade em relação à outra.
6	1/6	Valor intermediário entre julgamentos: grande a muito grande	Condição intermediária entre duas definições.
7	1/7	Importância muito grande.	O julgamento favorece muito forte uma atividade em relação à outra.
8	1/8	Valor intermediário entre julgamentos: muito grande a absoluta	Condição intermediária entre duas definições.
9	1/9	Importância absoluta.	Mais alto grau de certeza de favorecimento de uma atividade sobre a outra.

Fonte: Adaptado de (SAATY, 1995).

De acordo com o (quadro 2), existe a possibilidade de estar utilizando, tanto os números ímpares como os números pares, porém os números pares, devem ser empregados somente no caso de não existir uma concordância entre os avaliadores, ou seja, quando o consenso natural não for alcançado, havendo assim a necessidade de definir um ponto médio como solução negociada (SAATY, 1980). A matriz de comparação (par a par) ou (pareada), pode ser compreendida através da

explicação de Teknomo (2006), onde são utilizados três tipos de comparações, a partir das avaliações subjetivas entre as frutas: banana, maçã e cereja, resultando numa matriz 3X3, como pode ser observado na (figura 2).

Figura 2. Exemplo de comparação par a par com três opções



Fonte: Adaptado (TEKNOMO, 2006).

De acordo com a (figura 2) e a (tabela 2), na comparação realizada entre a maçã e a banana, existe uma (pequena importância) pela banana em relação à maçã; quanto à comparação entre a maçã e a cereja, há uma (importância grande), estabelecida para a maçã em relação à cereja. E por último, nota-se que, a escala de julgamento atribuído às frutas banana e cereja, existe uma (importância muito grande) da banana em relação à cereja.

Assim a partir das comparações estabelecidas, a próxima etapa é organizar esses dados em tabela, sendo que os valores escolhidos a esquerda do número 1, será representado pelo valor determinado mesmo, mas caso o valor de julgamento estiver localizado a direita do número 1 da escala, insere-se o valor recíproco, como mostra a (tabela 2).

Tabela 2. Representação da matriz de comparação dos julgamentos das três opções

Frutas	Maçã	Banana	Cereja
Maçã	1	1/3	5
Banana	3	1	7
Cereja	1/5	1/7	1

A estruturação da matriz de decisão, de acordo com o método AHP, pode ser observada na (equação 1).

$$(1) \quad A_{n \times n} = \begin{vmatrix} 1 & a_{12} & \dots & a_{1n} \\ a_{21} = 1/a_{12} & 1 & \dots & a_{2n} \\ \vdots & \vdots & \dots & \vdots \\ a_{n1} = 1/a_{1n} & a_{n2} = 1/a_{2n} & \dots & 1 \end{vmatrix}$$

Segundo Saaty (1999) apud Faria (2011), a matriz de comparação deve atender as seguintes propriedades:

- Identidade: todos os elementos na diagonal são iguais a 1, ou seja, para todo i , é necessário que $a_{ii} = 1$. Portanto, a diagonal representa cada elemento relacionado a si mesmo, que de acordo com o (quadro 2), sua definição é de (Importância igual).
- Reciprocidade: cada elemento acima da diagonal é igual ao inverso do elemento correspondente, situado abaixo da diagonal, isto é, $a_{ij} = 1/a_{ji}$;
- Consistência ou coerência: a matriz paritária deve atender a propriedade de transitividade. Significa que na comparação de três critérios: se A é preferível a B e B é preferível a C, e consequentemente A é preferível a C. Sendo incoerente, caso conste que o valor atribuído a C é igual ou de maior importância que A.

O próximo passo está relacionado a três procedimentos que resultam no vetor de prioridade ou autovetor, onde no primeiro é realizada a soma das colunas, como pode ser observado na (tabela 3). A partir de então, na segunda etapa, representada pela (tabela 4), cada elemento da matriz é dividido pela soma de sua coluna, encontrada na etapa anterior. E por último na (tabela 5), é identificado o autovetor, através do cálculo da média aritmética de cada linha da matriz.

Tabela 3. Soma das colunas da matriz recíproca

Frutas	Maçã	Banana	Cereja
Maçã	1	1/3	5
Banana	3	1	7
Cereja	1/5	1/7	1
Soma	21/5	31/21	13

Tabela 4. Normalização da matriz recíproca

Frutas	Maçã	Banana	Cereja
Maçã	5/21	7/31	5/13
Banana	15/21	21/31	7/13
Cereja	1/21	3/31	1/13
Soma	1	1	1

Tabela 5. Cálculo do Auto vetor

Frutas	Maçã	Banana	Cereja	Autovetor
Maçã	1	1/3	5	0,2828
Banana	3	1	7	0,6434
Cereja	1/5	1/7	1	0,0738
Soma	1	1	1	1

Onde a banana tem importância de 64,34%, a maçã com 28,33% e a cereja representando 7,38%. Após encontrar o autovetor, segundo Taknomo (2006), o próximo passo é realizar o cálculo do autovalor para verificar a consistência da atribuição de pesos. Esse cálculo é obtido pela (equação 2).

$$(2) \quad \lambda_{\max} = \frac{21}{5} (0,2828) + \frac{31}{21} (0,6434) + 13(0,0738) = 3,0967$$

Assim o autovalor é obtido somando-se os produtos de cada elemento do autovetor pela soma das colunas da matriz. Permitindo que em seguida seja analisado se o autovalor adquirido está afastado do valor teórico esperado n , através do cálculo representado pela (equação 3), denominado de Índice de Consistência (IC).

$$(3) \quad IC = \frac{(\lambda_{max} - n)}{(n-1)}$$

Sendo necessário que posteriormente o IC seja comparado com um índice apropriado, conhecido como Índice de Consistência Randômico, o (ICR). Calculado por Saaty, para uma amostra de 500 matrizes, até a ordem 11 por 11, são valores apresentados na (tabela 6). Sendo assim, o ICR, está relacionado ao valor que a ser alcançado em uma matriz paritária de ordem n , preenchida com valores sem julgamento, de forma aleatória, onde a divisão entre o IC e o ICR resulte na Razão de Consistência, representada pela (equação 4).

Tabela 6. Índice de Consistência

n	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
ICR	0	0	0,58	0,9	1,12	1,24	1,32	1,41	1,45	1,49	1,51

Fonte: (TEKNOMO, 2006)

$$(4) \quad RC = IC / ICR$$

Caso o valor adquirido no RC, seja menor ou igual a 10%, a avaliação subjetiva foi consistente/aceitável, como no caso das frutas, onde o RC é igual a 0,083, ou 8,3%. No entanto, se o valor do RC for maior que 10%, será necessário revisar os julgamentos subjetivos realizados no início.

4. CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

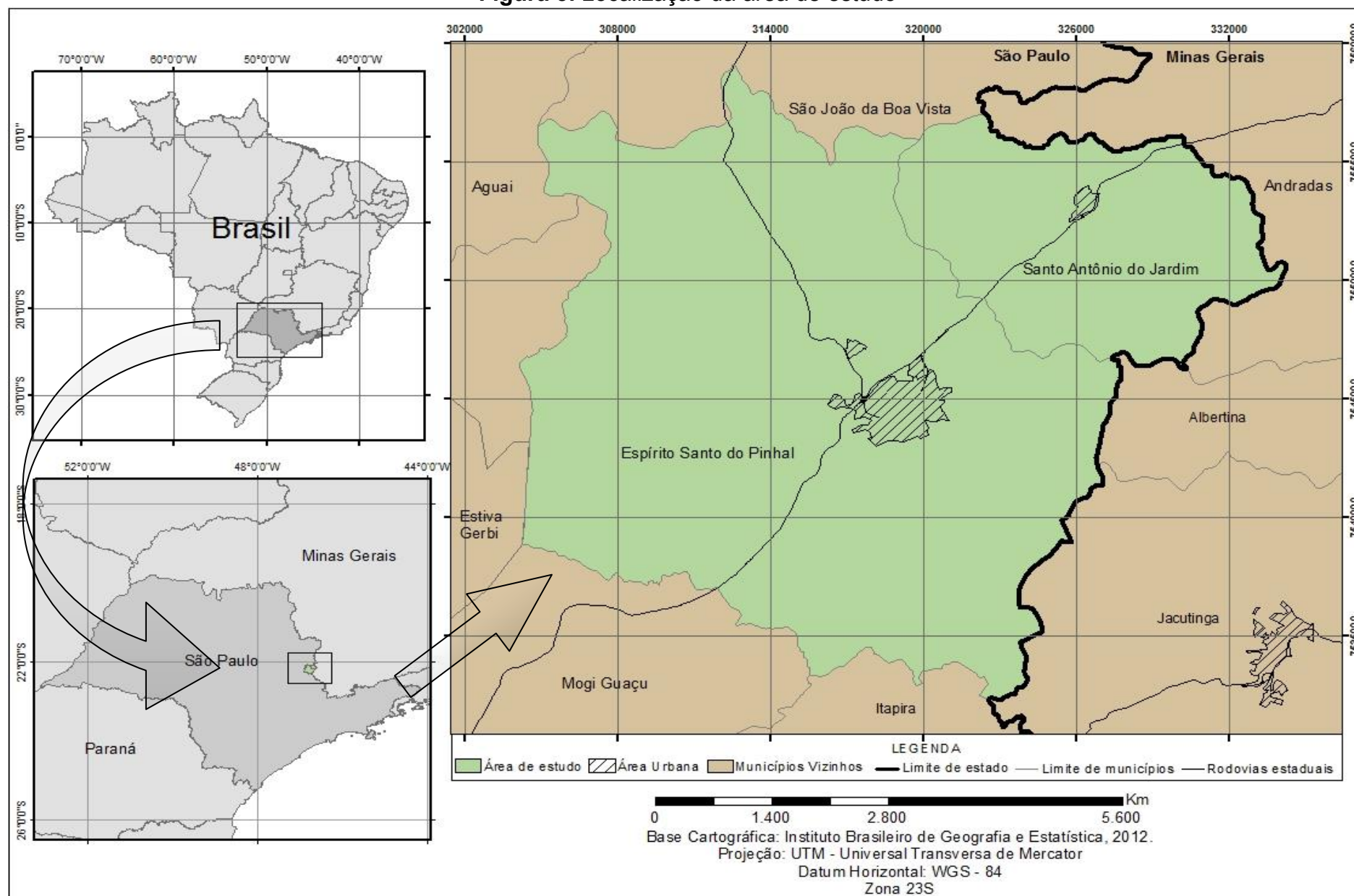
4.1. Aspectos Gerais

A área de estudo está localizada no nordeste do estado de São Paulo, na mesorregião de Campinas, que faz divisa com o sul do estado de Minas Gerais.

A origem do município de Espírito Santo do Pinhal está relacionada à doação de parte das terras que compreendia a Fazenda Pinhal (nome atribuído devido a grande quantidade de araucárias nessa área). Sua fundação ocorreu no dia 27 de dezembro de 1849 (TORRES; TESSARINI, DATA?). Este município encontra-se na latitude - 22°11'27" sul e longitude - 46°44'27" oeste, com área total de 389,421 km², compreende a uma altitude de 870 metros em relação ao nível do mar; onde há vestígios dos biomas Cerrado e Mata Atlântica. De acordo com o Censo de 2010, realizado pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), possui 41.907 habitantes, com distância de 202 km da capital São Paulo, pertence à zona fisiográfica de São José do Rio Pardo e a 5ª região administrativa de Campinas. Segundo o mapa de localização (figura 3), está ao seu norte, o município de São João da Boa Vista (SP), nordeste Santo Antônio do Jardim (SP), a leste Albertina (MG), sudeste Jacutinga (MG), sul Itapira (SP), sudoeste/oeste Mogi-Guaçu e Estiva Gerbi (SP) e ao noroeste Aguaí (SP).

Jardim Artimista, como era chamado o atual município de Santo Antônio do Jardim, em 26 de março de 1881, quando foi fundado por Rita Maria de Jesus. A partir do dia 08 de novembro de 1915, o mesmo passou a ser distrito do município de Espírito Santo do Pinhal. A alteração do seu nome para Jardim ocorreu em 30 de novembro de 1938 e a criação do município está relacionado à data 30 de novembro de 1953. Santo Antônio do Jardim compreende a Região de Governo de São João da Boa Vista, e o mesmo está inserido na Região Administrativa de Campinas (OLIVEIRA, 2006). Localizado entre as coordenadas geográficas de - 22°06'.57' sul e - 46 °40".48' oeste, com área de 10.875 ha, representando aproximadamente 110 km², com altitude de 850 metros em relação ao nível do mar. Abrange o bioma Mata Atlântica, sendo que sua população é de 5.943 habitantes (IBGE – Censo 2010), estando a uma distancia de 210 km da capital São Paulo. Ao norte e a leste, faz fronteira com estado de Minas Gerais, onde se localiza o Rio Jaguari-Mirim e a Serra da Mantiqueira e, ao sul, com o município Espírito Santo do Pinhal (SP), também presente a Serra do Bebedouro (OLIVEIRA, 2006).

Figura 3. Localização da área de estudo



4.2. Aspectos do Meio Físico

4.2.1. Geomorfologia

Em termos geomorfológicos, a área de estudo, enquadra-se segundo Ross e Moroz (1997), e o Mapa Geomorfológico do estado de São Paulo (IPT, 1981b), em duas províncias geomorfológicas, a Depressão Periférica (zona do Mogi-Guaçu) e o Planalto Atlântico, onde de acordo com a (figura 4), podem ser divididas em cinco regiões, topograficamente distintas.

Sendo que, duas dessas regiões estão localizadas na porção oeste de Espírito Santa do Pinhal, nas proximidades do seu limite com os municípios de Aguaí, Estiva Gerbi, Mogi-Guaçu e São João da Boa Vista. Regiões denominadas de Colinas Médias, Morrotes Alongados e Espigões, que possuem relevo colinoso, baixas declividades, de até 15%, amplitudes locais inferiores a 100 metros (IPT, 1981b). Terrenos onde a altitude mais elevada, atinge em torno de 750 metros, já as menores cotas, correspondem a 600 metros.

A uniformidade topográfica é interrompida a leste por um *sill* de diabásico, com cerca de 130 metros de espessura, constituindo um relevo localmente escarpado, com altitude máxima de 910 metros representando uma área, de aproximadamente 50 Km², sobrelevada em relação à Depressão Periférica e ao Planalto Atlântico, situada no limite dessas duas províncias geomorfológicas (AZEVEDO; MASSOLI, 1984, p. 40).

As outras três regiões representam a porção leste da área de estudo, conhecidas como: Mar de Morros, (resultado da ação do intemperismo e localizado na porção central dos municípios); Morros Paralelos, onde ocorre a falta de medidas conservacionistas eficazes, voltadas para o uso agrícola intensivo, que acaba por causar, problemas relacionados à erosão, conseqüentemente à deposição de sedimentos nos corpos d'água. São processos ocasionados especialmente pela cafeicultura tradicional e pastagens para a pecuária leiteira. A erosão laminar está associada às áreas de cafeicultura enquanto que, a erosão em sulcos abrange terras utilizadas por pastagens. Esses problemas estão relacionados à cobertura insuficiente do solo, pastagens mal manejadas e a concentração de animais nas margens dos rios. E por fim, a região de Morros com Serras Restritas, onde há grande concentração de nascentes, sem vegetação protetora, sobre os cumes dos

morros. Vegetação substituída pela cafeicultura, lavouras de subsistência, entre outras atividades (LAGROTTI, 2000).

Essas três regiões, representam o relevo de morros com amplitudes locais de 100 a 300 metros e declividades médias a altas, acima de 15% (IPT, 1981b). Esta subunidade é caracterizada pela sua topografia mais marcante, onde predominam morros com topos aguçados ou convexos, vertentes com perfis convexos e retilíneos e presença das serras cristalinas de terrenos pré-cambrianos.

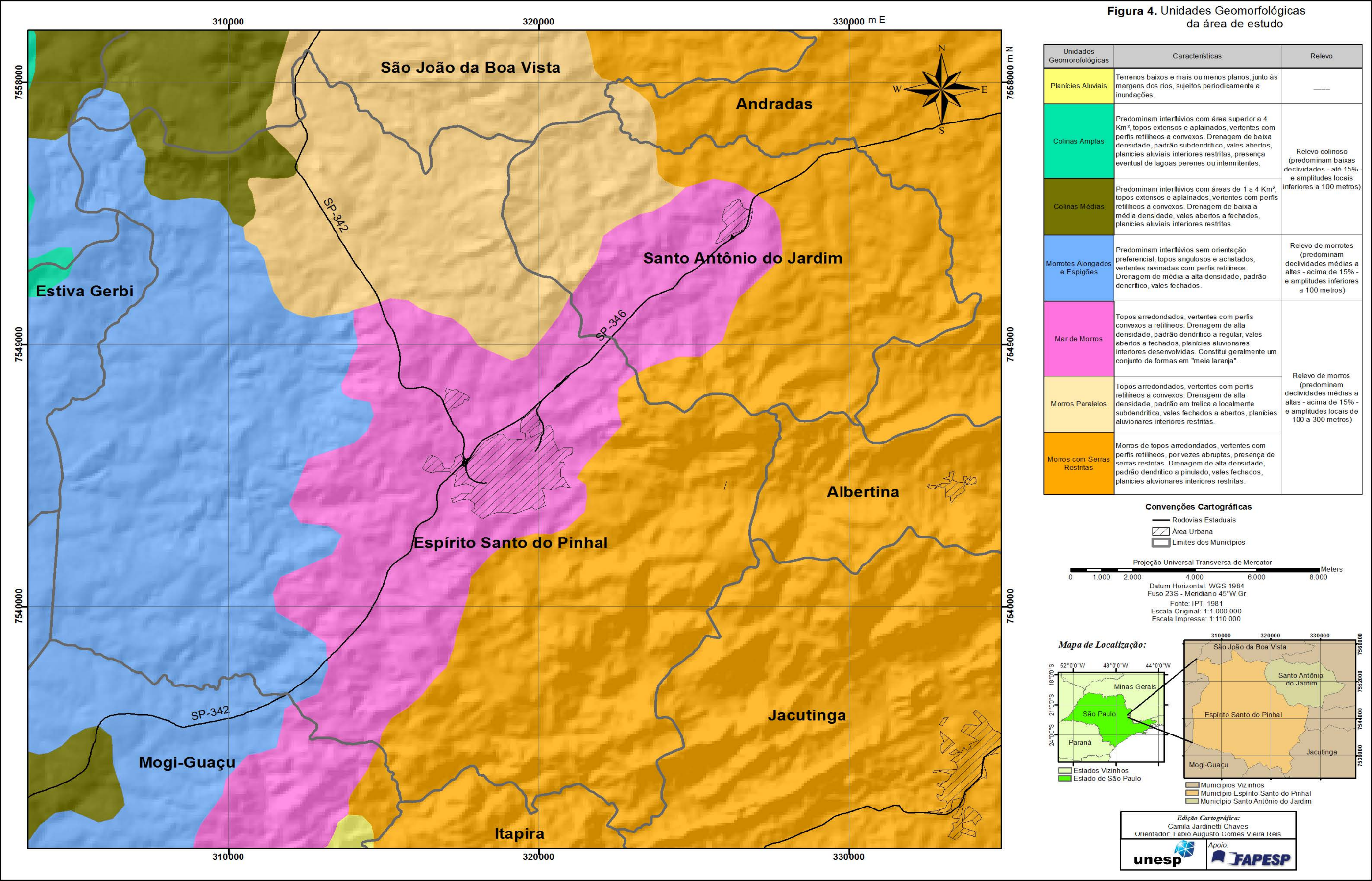
Estão presentes em Espírito Santo do Pinhal, a Serra do Bebedouro e a Serra da Mantiqueira. Este município possui declividade acima de 15%, sua altimetria varia de 800 a 1.260 metros e amplitudes que vão dos 100 aos 400 metros. Sendo que, as áreas mais baixas variam de 640 a 800 metros de altitude.

Em Santo Antônio do Jardim a declividade pode ser superior a 40% nas regiões serranas, como o Morro Azul e a Serra do Bebedouro, com altimetria de 900 a 1.300 metros. Declividades de 15 a 18% em terrenos mais suaves e, entalhamento dos vales de 20 a 160 metros.

Os autores Azevedo e Massoli (1984), salientam que “[...] a delimitação das formas de relevo não compreende exatamente ao limite entre a bacia sedimentar e o cristalino”, sendo que, nas proximidades desse limite, a topografia do embasamento cristalino apresenta-se, com altitudes que chegam a 800 metros, ou seja, pouco acentuada, e em direção a leste e sudeste, a topografia torna-se mais elevada.

O contato existente, entre os sedimentos da Bacia do Paraná e o Embasamento Cristalino, torna a organização paisagística dessa região bastante complexa, onde há a necessidade de mais estudos, que contribuam na análise desta estrutura, para a realização de planejamento quanto ao uso do solo (ABREU, 1973 *apud* LAGROTTI, 2000). Já que, de acordo o mapa de erosão do estado de São Paulo (IPT, 1995), essa região, por possuir: baixa coesão do saprolito, rampas médias e longas e relevo acidentado, favorecem a frequência dos processos erosivos como: erosão laminar, escorregamentos, rastejos, ravinas e sulcos.

Figura 4. Unidades Geomorfológicas da área de estudo



4.2.2. Geologia

A geologia regional da área de estudo, corresponde à unidade litoestratigráfica do Embasamento Cristalino e seu limite com a Bacia Sedimentar do Paraná, onde há a ocorrência da unidade geológica denominada de Maciço Guaxupé, particularmente o Complexo Varginha (IPT, 1981a).

O Maciço Guaxupé é um domínio geológico, com terrenos metamórficos de alto grau, presente na porção nordeste do estado de São Paulo e no sudoeste de Minas Gerais.

Grande parte dos municípios de Espírito Santo do Pinhal e Santo Antônio do Jardim localizam-se na unidade litoestratigráfica conhecida como Complexo Varginha, onde se encontram as rochas cristalinas do Grupo Pinhal, como pode ser observado na (figura 5). O complexo representa o Arqueano, e formado por variados conjuntos litológicos, sendo que, as relações entre si não são definidas. Com, um vasto terreno granítico-gnáissico, diferentes migmatitos que possuem estruturas heterogêneas e homogêneas, contendo núcleos anatexíticos e granitóides porfiríticos a equigranulares (IPT, 1981a).

Segundo o Projeto Sapucaí (1979), estudos realizados pelo Ministério das Minas e Energia, de forma geral, essa área também é ocupada por migmatitos com composição granítica, que desenvolvem solos arenosos e areno-argilosos. Anfibolitos, charnockitos, corpos granulíticos, micaxistos, quartzitos, granitos e granitoides polidiapíricos, onde prevalecem os porfiríticos, com granulações variadas, representados pelo Cambriano-Ordoviciano-Proterózoico Superior.

Nas proximidades do limite do município de Espírito Santo do Pinhal com Itapira, ocorre uma zona cataclástica e logo em seguida a Formação Eleutério com metassiltitos e matarcóseos.

Já na divisa desse mesmo município com Aguai, Estiva Gerbi, Mogi-Guaçu e São João da Boa Vista, é identificado a coluna sedimentar, representado por parte do Grupo Tubarão, com o Subgrupo Itararé, onde a deposição dos sedimentos predominantemente clásticos que o formam, ocorreram em ambientes distintos, organizado em uma complexa associação de variadas litofácies, em grande parte detríticas, incidem na horizontal e vertical.

Azevedo e Massoli (1984, p. 42), explicam que o canto desse Subgrupo com o embasamento cristalino:

“[...] se faz através de discordância erosiva esculpida em rochas granítico-migmatíticas. As vezes ocorrem seixos e até matacões dentro dos sedimentos pouco acima do contato. Quando este se faz por falhamento, ocorre brecha composta por fragmentos de rochas ígneas e sedimentares”.

Contemporânea a Formação Itararé e fazendo parte também do Grupo Tubarão, está a Formação Aquidauana, presentes arenitos, lamitos e diamictitos vermelhos. Grupo relacionado ao Carbonífero-Permiano.

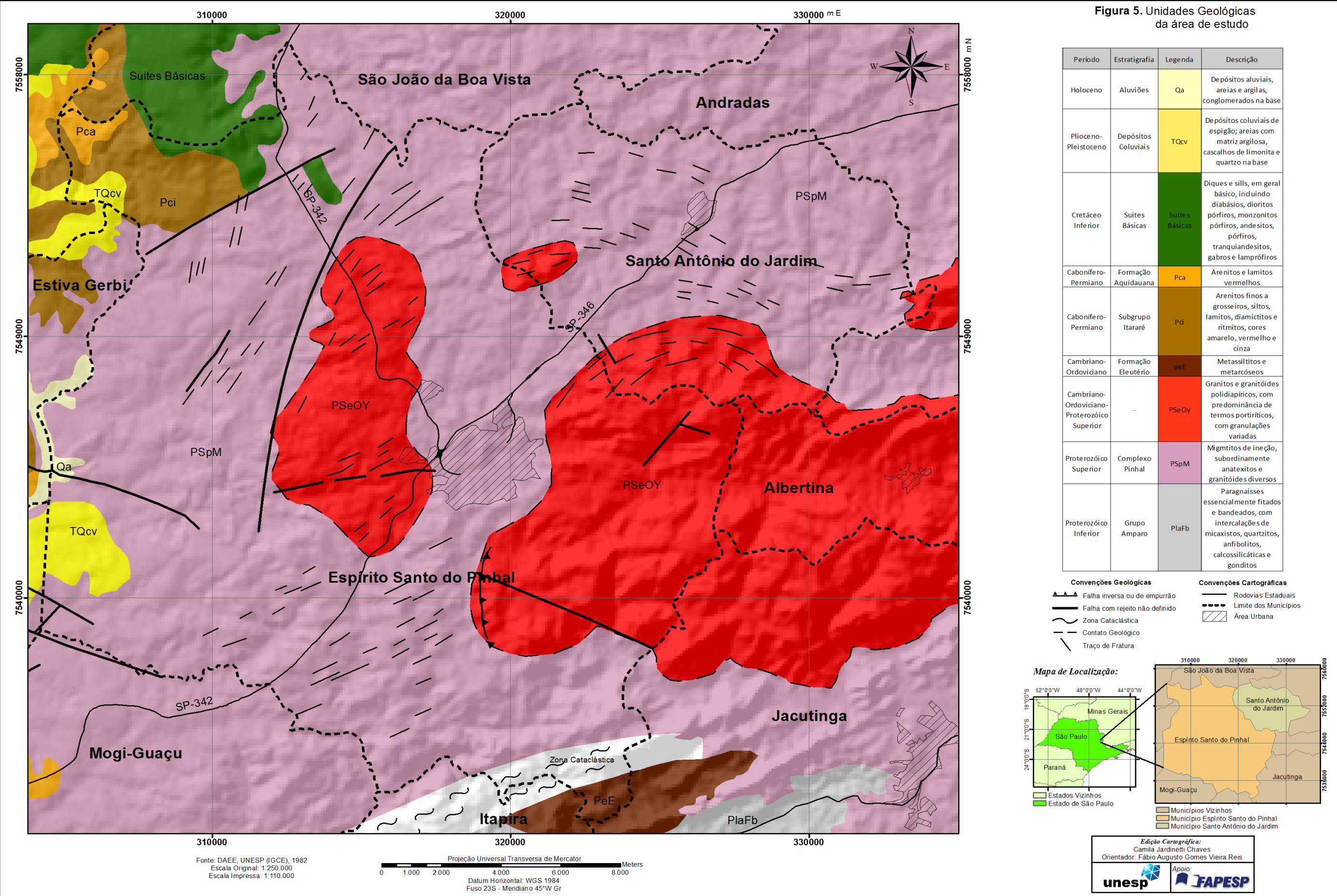
No limite municipal, estabelecido entre Aguai, Espírito Santo do Pinhal e São João da Boa Vista, há uma pequena faixa de terra com Suítes Básicas do Cretáceo Inferior, onde ocorrem “[...] – Diques e sills, em geral básicos, incluindo diabásicos, dioritos pórfiros, monzonitos pórfiros, andesitos pórfiros, tranquiandesitos, gabros e lamprófios” (AZEVEDO; MASSOLI, 1984, p.42).

E por fim, representando o Holoceno, estão os depósitos aluviais formados por areias (com granulometria média a grosseira principalmente) e argilas (orgânicas com alta plasticidade), conglomerados na base. Aluviões depositados pelos cursos d’águas, localizados ao longo do Rio Oriçanga.

Em Espírito Santo do Pinhal e Santo Antônio do Jardim, há a presença de diversos migmatitos e granitóides em estruturas homogêneas e heterogêneas, formando solos arenosos e areno-argilosos, dentre os tipos predominantes o latossolo vermelho amarelo orto, podzolizados com cascalho e o podzólicos vermelho amarelo orto e, também podzolizados contendo cascalho, esses exibem características férteis e medianamente férteis (IPT, 1981a).

Nas regiões serranas os solos possuem a presença variável de cascalho e afloramentos rochosos, quanto à textura do solo, nessa porção, é arenosa, diferente das áreas mais baixas onde a textura é argilosa, os solos são moderadamente profundos e não há a presença de cascalho (IPT, 1981a).

Figura 5. Unidades Geológicas da área de estudo



4.2.3. Hidrologia

A área de estudo pertence à bacia do Rio Mogi Guaçu.

No município do Espírito Santo do Pinhal, há boa distribuição de córregos, nascentes, pequenos reservatórios d'água e riachos, onde o rio principal que corta a cidade chama-se Ribeirão dos Porcos. De acordo com Almeida; et al., (2004), sua nascente localiza-se no Bairro Sertãozinho.

A nascente flui do solo no sentido ascendente e se acumula em uma caixa de concreto armado, formando um reservatório de água. O escoamento é superficial e natural. O córrego segue um percurso de, aproximadamente, 20 km, primeiramente passando por uma zona rural, onde outras nascentes se juntam a esse e, em seguida, atravessa a cidade de Espírito Santo do Pinhal - SP, onde recebe águas pluviais captadas por manilhas de concreto, efluentes domésticos, efluentes industriais e efluentes naturais. Depois de percorrer esse percurso, o Ribeirão dos Porcos sai do perímetro urbano, passando por outras propriedades rurais e deságua no Rio Manso, situado no município de Itapira – SP (2004, p. 52).

Segundo Oliveira (2006), o município de Santo Antônio do Jardim faz parte da Microbacia do Córrego do Jardim, com uma área de captação com cerca de 1.634 ha, e o sistema de drenagem é considerado dendrítico.

[...] onde das nascentes da Serra do Bebedouro surgem dois drenos de primeira ordem, que se unem mais abaixo formando o córrego. Pode-se dividir a Microbacia em duas partes distintas. A primeira é uma região de morros paralelos, que começa na região serrana e vai até o perímetro urbano do município, constituídos por solos relativamente profundos sem a presença de cascalho com declividade que variam de 12% a 18%. Os terrenos com uma declividade mais amena (suave) são utilizados com a cafeicultura tradicional, atividade esta que é realizada com mecanização, além de pastagem para a pecuária leiteira (OLIVEIRA, 2006, p.51).

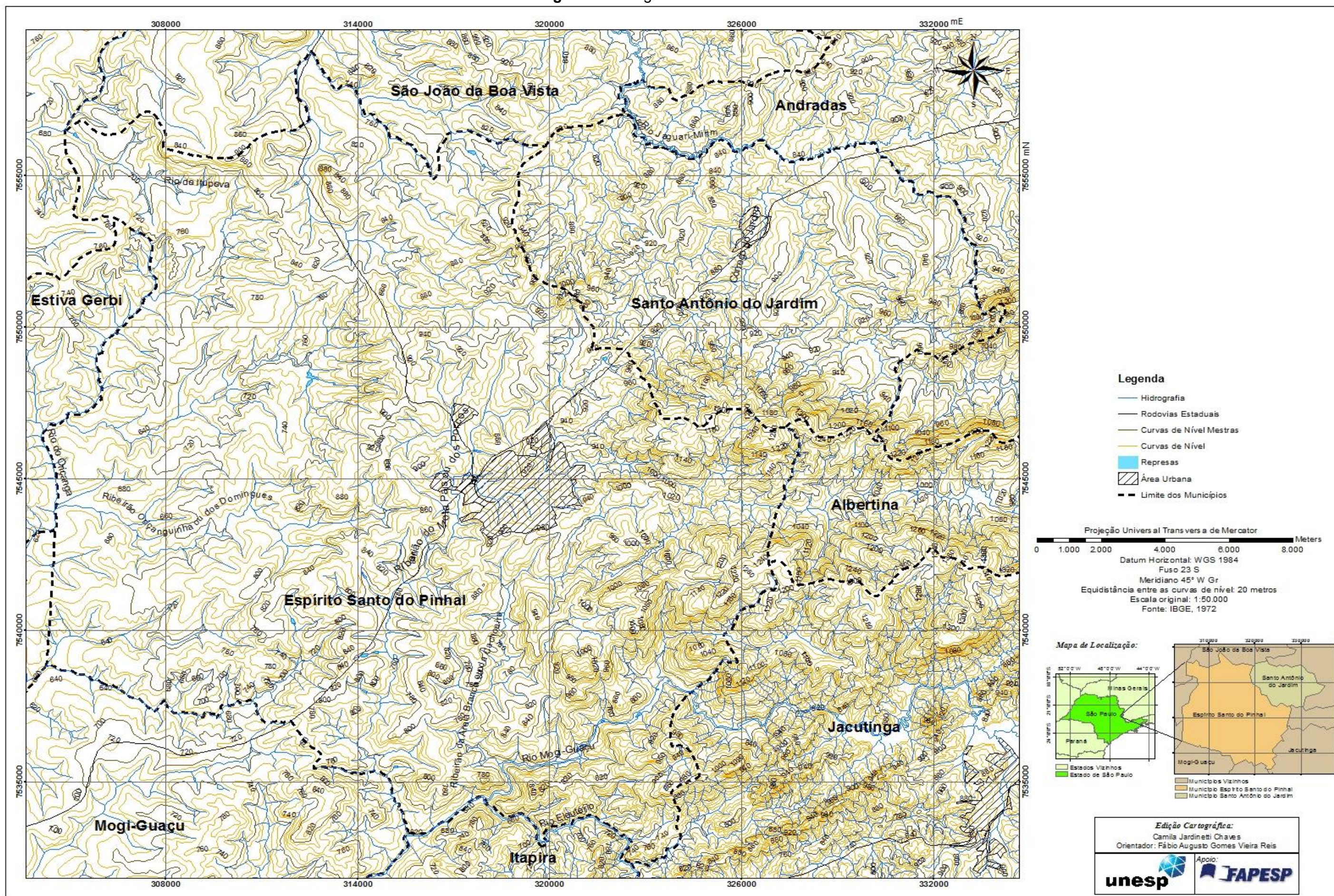
A Serra do Bebedouro pertence à região serrana, relacionada à segunda parte, com declividade da ordem de 25%, onde há a presença de inúmeras nascentes.

O Rio Jaguari-Mirim é um dos rios mais importante não só no município Santo Antônio do Jardim, mas em toda região. Serpenteia por terrenos cristalinos, pela planície sedimentar, de modo que ao passar por uma *fall-zone*, acaba depositando

fortemente, tornando-se uma área de intensa mineração de areia e argila (LAGROTTI, 2000).

Estruturas que caracterizam o padrão dendrítico a retangular da drenagem que se mostra bem organizada e com alta densidade nessas áreas, com vales abertos a fechados e planícies aluvionares interiores (BELI, et al., 2005). Drenagens presentes na (figura 6).

Figura 6. Hidrografia da área de estudo



4.2.4. Clima e Vegetação

De acordo com a classificação de *Köppen* (2012), há dois tipos climático atuando sobre a área de estudo. O clima Cwa – subtropical relacionado à depressão do rio Moji-Guaçu e nas proximidades do rio Jaguarí-Mirim. São áreas com altitudes que vão dos 640 aos 780 metros no rio Moji-Guaçu e, dos 800 aos 820 metros no rio Jaguarí-Mirim, onde o verão é quente/chuvoso e inverno seco, com temperaturas mais elevadas que podem chegar a uma média de 23° C. E o clima Cwb – subtropical de altitude, representa a região serrana, tem como particularidade também o inverno seco, mas com verões amenos de 16 a 18° C.

Explica Jacques (2012) e Oliveira (2006), que no verão a temperatura média em Espírito Santo do Pinhal e Santo Antônio do Jardim são de 21° a 23° C, quando ocorre o maior índice de chuvas com média variante de 230 mm, chegando a 275 mm no mês de dezembro. Já o inverno, tem como particularidade a seca, a precipitação chega a 42 mm no mês de julho, com temperatura média de 16° a 20° C. Sendo assim as precipitações anuais podem vir atingir a marca de 1.577 mm e temperatura média de 19° a 21° C. (JACQUES, 2012).

Devido à vegetação ser de transição, observa-se vestígios do bioma Cerrado e Mata Atlântica. Florestas latifoliadas tropicais correspondem ao bioma Mata Atlântica, representam a vegetação original, que conforme o aumento da altitude da Serra da Mantiqueira e também da umidade devido à barreira orográfica, são encontradas vegetação decíduas (apresentam árvores caducifólias, tendo como característica principal a perda de suas folhas nas estações do outono e inverno). Estão também presentes as vegetações perenifólias (mistas estacionais, no período de estiagem as formações dessa, não perdem as folhas).

No entanto, essa vegetação original, ocorre em fragmentos apenas nas escarpas mais íngremes das regiões serranas (escarpas do Planalto Atlântico e em “mar de morros” com formas mais arredondadas), e também em reservas florestais particulares. Sendo que em trechos menos elevados, observa-se sua devastação para o desenvolvimento da agricultura em solos férteis (LAGROTTI, 2000.)

De acordo com o Projeto LUPA, desenvolvido pela Secretaria de Agricultura e Abastecimento, CATI/IEA nos dados consolidados em 2007/2008 do município de Espírito Santo do Pinhal, ocorrem em 5.643 ha à vegetação natural e no município de Santo Antônio do Jardim em torno de 725 hectares.

4.2.5. Aspectos do Meio Socioeconômico

A densidade demográfica do município de Espírito Santo do Pinhal corresponde a 107,61 (hab/km²), onde a maior parte da população concentra-se na área urbana com 37.245 pessoas e 4.662 continuam na área rural (IBGE, 2010). Área total de 41.764 ha, onde 40.564 ha correspondem à área rural e 1.200 hectares de área urbana (PREFEITURA MUNICIPAL DE ESPÍRITO SANTO DO PINHAL 1.996 *apud* FERREIRA, 2002).

A importância do cultivo de café proporcionou a esse município, o reconhecimento nacional na produção e comercialização desse produto. Destacando-se também, nas vendas de máquinas agrícolas industrializados e o surgimento de outras atividades direcionadas ao setor do comércio e serviços, compondo assim o agronegócio do café (OLIVEIRA, 2006). Além da produção do café, outras atividades são desenvolvidas, relacionadas a lavouras permanentes e temporárias, essas informações são apresentadas nas (tabelas 7 e 8).

De acordo com o Projeto LUPA, desenvolvido pela Secretaria de Agricultura e Abastecimento, CATI/IEA (2007/2008), além dessas, outras áreas são ocupadas com: pastagem em torno de 13.455,5 ha; reflorestamento 2.451,7 ha; vegetação de brejo e várzea 173,3 ha, área em descanso 973,7 ha e complementar com 1.622,1 ha.

Segundo SEADE (2010), o Produto Interno Bruto (PIB) em (milhões de reais correntes) deste município é de 760,92, onde se destaca a contribuição do setor de serviços, como mostra a (figura 7). Calcula-se em torno de 1.496 unidades de empresas atuantes em Espírito Santo do Pinhal (IBGE, 2010). O Índice Paulista de Responsabilidade Social (IPRS), de (2010), organizado pela Fundação Sistema Estadual de Análise de Dados (SEADE), apontam que, o município, no ano de (2010), foi classificado como grupo 4, com baixo nível de riqueza, e com problemas nos indicadores sociais de longevidade ou escolaridade.

Tabela 7. Culturas Permanentes no município de Espírito Santo do Pinhal em 2010

Lavoura Permanente	Quantidade produzida (toneladas)	Valor da produção (mil reais)	Área plantada (hectares)	Área colhida (hectares)	Rendimento médio (quilogramas por hectare)
Banana (cachos)	450	189	15	15	30.000
Café	9.516	69.942	7.930	7.930	1.200
Laranja	14.436	6.784	610	610	23.665
Limão	126	59	5	5	25.200
Manga	634	361	36	36	17.611
TOTAL		77.335	8.596		

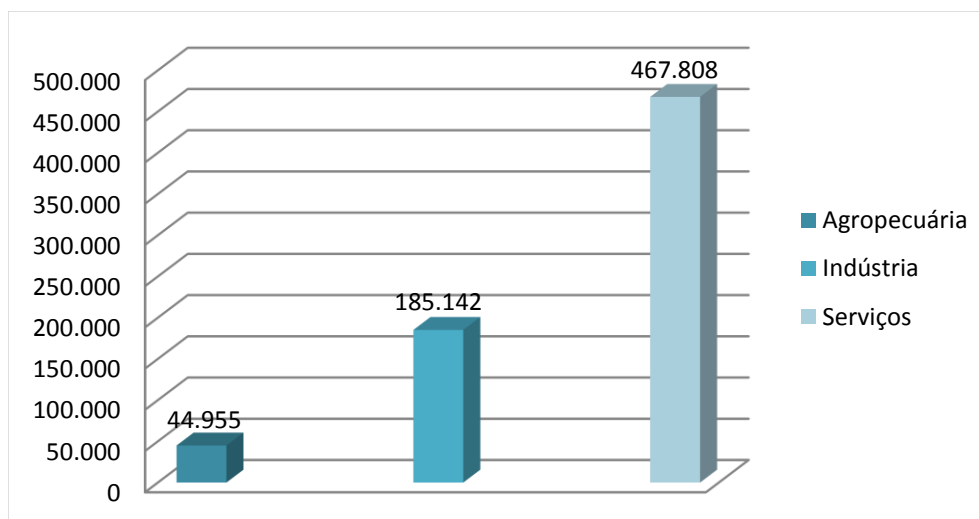
Fonte: Adaptado IBGE, 2010.

Tabela 8. Culturas Temporárias no município de Espírito Santo do Pinhal em 2010

Lavoura Temporária	Quantidade produzida (toneladas)	Valor da produção (mil reais)	Área plantada (hectares)	Área colhida (hectares)	Rendimento médio (quilogramas por hectare)
Arroz (em casca)	66	29	30	30	2.200
Batata Inglesa	2.670	1.404	115	115	42.000
Cana-de-açúcar	184.000	6.808	2.300	2.300	80.000
Feijão (em grão)	54	83	30	30	3.600
TOTAL		8.324	2.475		

Fonte: Adaptado IBGE, 2010.

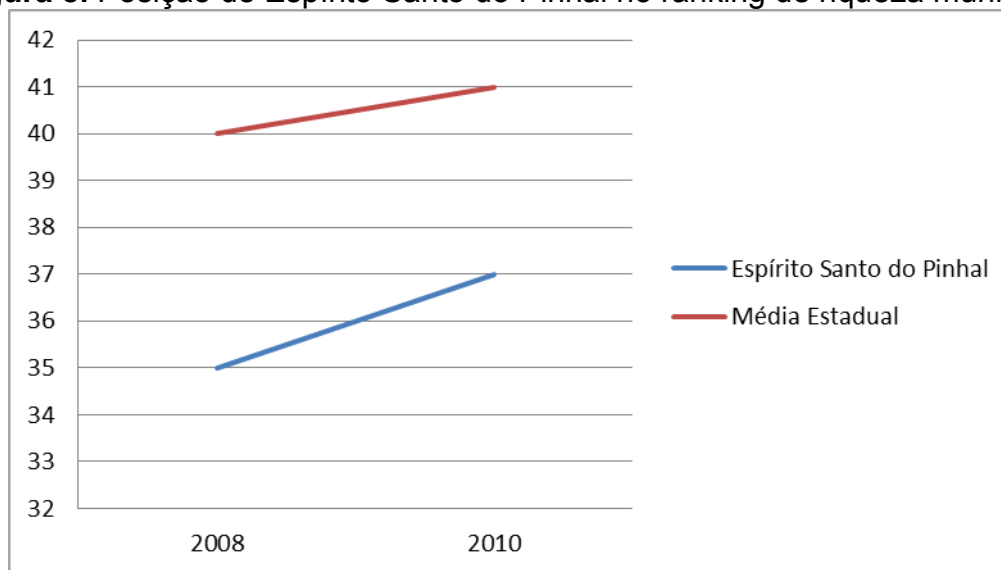
De acordo com o IBGE (2010), o Produto Interno Bruto (PIB) em (Valor adicionado) deste município, está relacionado ao total de 697,90, onde destaca-se a contribuição do setor de serviços, como mostra a (figura 7). Calcula-se em torno de 1.496 unidades de empresas atuantes em Espírito Santo do Pinhal (IBGE, 2010).

Figura 7. Produto Interno Bruto de Espírito Santo do Pinhal (Valor adicionado)

Fonte: Adaptado (IBGE, 2010).

Segundo o Índice Paulista de Responsabilidade Social (IPRS), versão de 2012, organizado pela Fundação Sistema Estadual de Análise de Dados (SEADE), apontam que, o município em discussão, no ano de 2010, foi classificado como Grupo 4, com baixo nível de riqueza e deficiência nos indicadores sociais. No ranking de riqueza, são considerados: consumo anual de energia elétrica por ligação no comércio, agricultura e serviços (que variou de 12,8 MWh para 13,5 MWh); consumo de energia elétrica por ligação residencial (manteve-se em 2,1 MWh); rendimento médio do emprego formal (R\$ 1.311 para R\$ 1.288) e valor acionado per capita (elevou-se de R\$ 10.841 para R\$ 11.852). Sendo que, em 2008, sua posição compreendia a 189°, e no ano de 2010, caindo para a posição 224°. Permanecendo abaixo da média estadual, como pode ser observado na (figura 8).

Figura 8. Posição de Espírito Santo do Pinhal no ranking de riqueza municipal



Fonte: Adaptado (SEADE, 2012).

Santo Antônio do Jardim possui densidade demográfica de 54,05 (hab/km²), onde 3.532 pessoas residem na área urbana e 2.411 na área rural (IBGE, 2010). Na economia desse município destacam-se dois tipos de atividades, a cafeicultura tradicional, tendo como características, maiores espaçamentos, mecanização e, também o uso agrícola intensivo da pecuária leiteira. Além da agropecuária outras atividades desenvolvidas são a agroindústria de transformação desses produtos agrícolas, como as conservas de café e os laticínios. Sendo que, trabalhos desenvolvidos por Ferreira (2002) e Oliveira (2006), sobre os respectivos municípios, apontam atividades de exploração de avicultura de corte, bovinocultura de corte,

equinocultura, piscicultura, suinocultura, entre outros. Além da extração de areia e argila. Dentre outras áreas presentes, as pastagens ocupando 4.098,4 ha, reflorestamento com 538,9 ha, vegetação de brejo e várzea 120,6 ha, área em descanso 753,9 há e área complementar com 367,7 ha são dados do Levantamento Censitário de Unidades de Produção Agropecuária (LUPA), censo de 2007/2008.

Em relação às lavouras permanentes e temporárias se destacam aquelas presentes nas (tabelas 9 e 10).

Tabela 9. Culturas Permanentes no município de Santo Antônio do Jardim em 2010

Lavoura Permanente	Quantidade produzida (toneladas)	Valor da produção (mil reais)	Área plantada (hectares)	Área colhida (hectares)	Rendimento médio (quilogramas por hectare)
Café	4.104	30.451	3.420	3.420	1.200

Fonte: Adaptado IBGE, 2010.

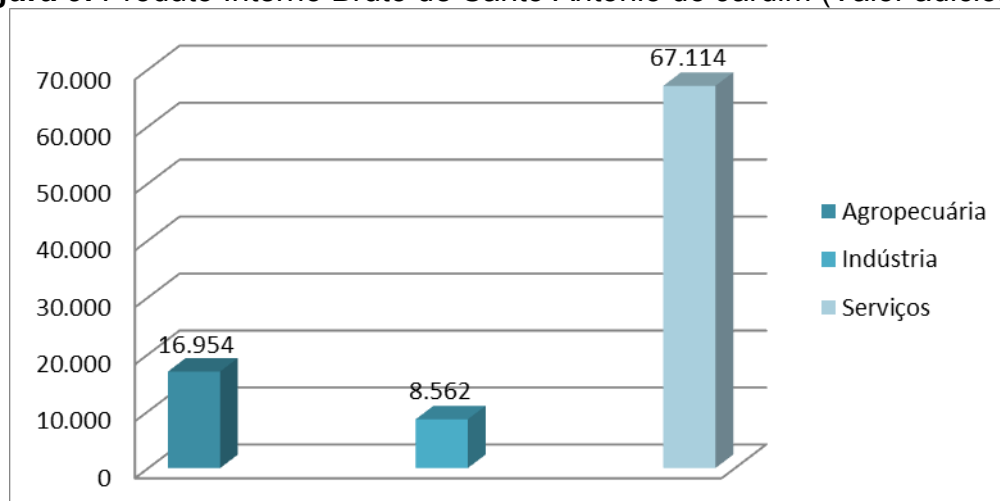
Tabela 10. Culturas Temporárias no município de Santo Antônio do Jardim em 2010

Lavoura Temporária	Quantidade produzida (toneladas)	Valor da produção (mil reais)	Área plantada (hectares)	Área colhida (hectares)	Rendimento médio (quilogramas por hectare)
Cana-de-açúcar	380.000	13.490	4.000	4.000	9.5000
Feijão (em grão)	53	89	44	44	2.450
Milho (em grão)	2.880	1.324	600	600	4.800
TOTAL		14.903	4.644		

Fonte: Adaptado IBGE, 2010.

A (figura 9), expressa o PIB (Valor adicionado), com total de 92.630, onde a maior contribuição está relacionada ao setor de serviços e em seguida pela agropecuária.

Figura 9. Produto Interno Bruto de Santo Antônio do Jardim (Valor adicionado)

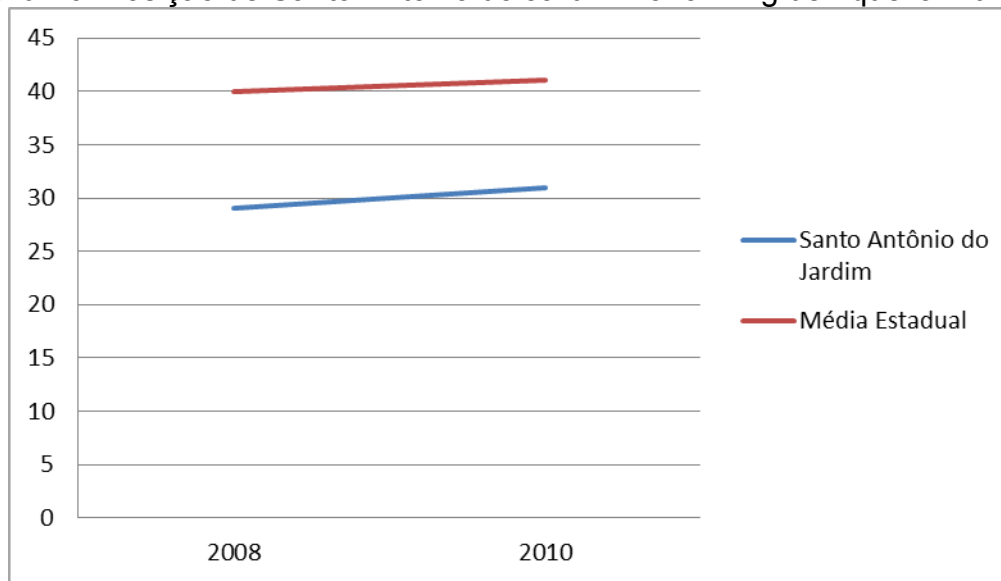


Fonte: Adaptado (IBGE, 2010).

Apresentando cerca de 610 unidades de empresas atuantes (IBGE, 2010). Onde geralmente a maior parte da população trabalha nas atividades de prestação de serviço e comércio (OLIVEIRA 2002).

Diferente de Espírito Santo do Pinhal, Santo Antônio do Jardim faz parte do Grupo 3, no Índice Paulista de Responsabilidade Social (IPRS), na versão (SEADE, 2012). Onde o nível de riqueza é considerado baixo, porém com bons indicadores de longevidade e escolaridade, são características que o qualificam nesse grupo. A (figura 10), representa a riqueza do município, através de informações relacionadas, ao consumo anual de 8,6 MW elevando para 9,3 MW, em relação à energia elétrica por ligação no comércio, agricultura e serviços. Consumo de energia elétrica por ligação residencial foi reduzido de 2,1 MWh para 1,9 MWh. O rendimento médio do emprego com carteira assinada foi de R\$ 895 para R\$ 961 e, o valor adicionado per capita passou de R\$ 6.271 para R\$ 8.612.

Figura 10. Posição de Santo Antônio do Jardim no ranking de riqueza municipal



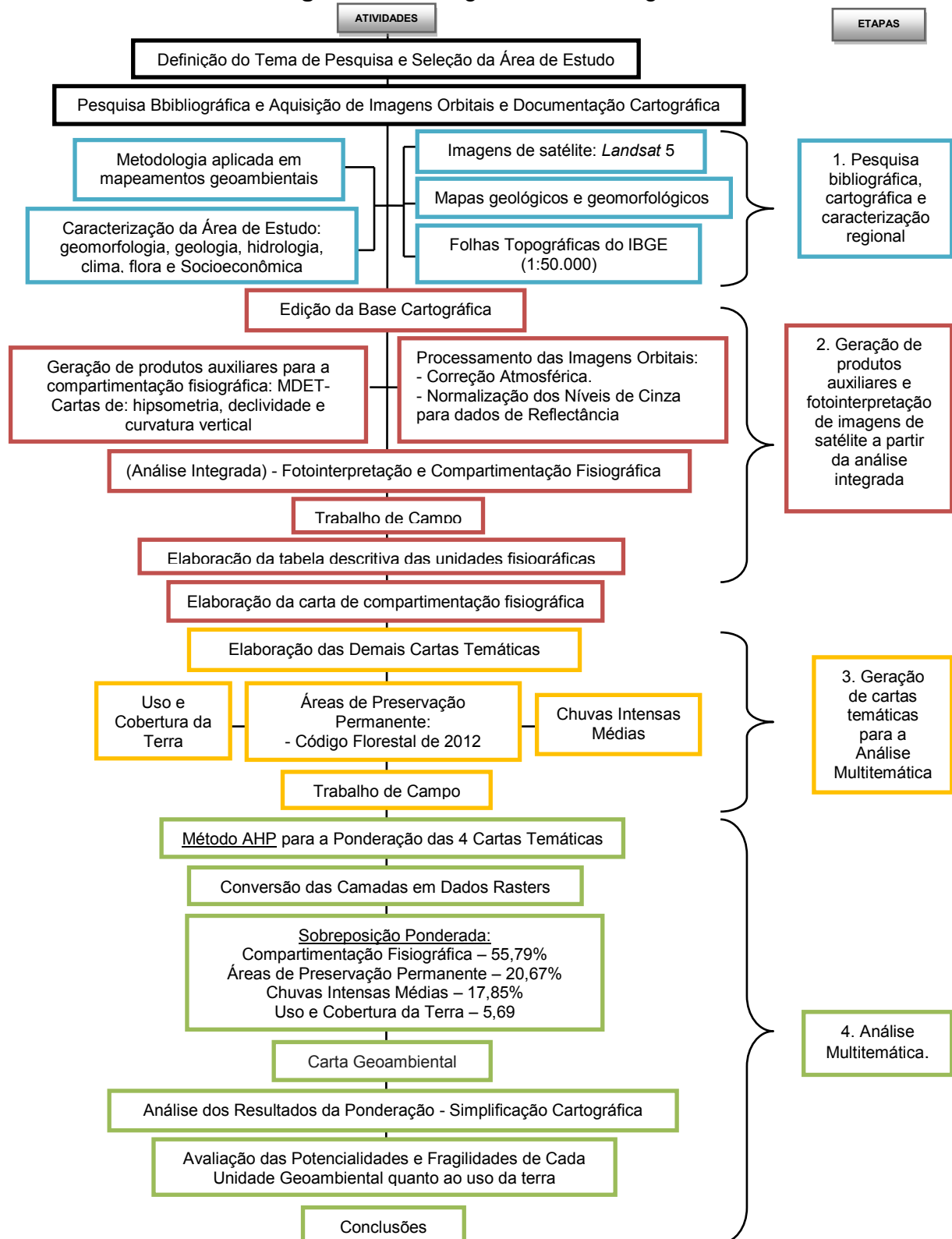
Fonte: adaptado (SEADE, 2012).

Em 2008, a riqueza era 29, na posição 433°, e em 2010 elevou para 31, porém caindo para a posição 452°, e permaneceram abaixo da média estadual (SEADE, 2012).

5. MATERIAIS E MÉTODOS

Na (figura 11), são apresentados as quatro etapas principais adotadas para o desenvolvimento da presente pesquisa.

Figura 11. Fluxograma Metodológico



5.1. Pesquisa Bibliográfica e Aquisição de Imagens Orbitais e Documentação Cartográfica

Levantamento bibliográfico, realizado de forma conjunta com o andamento do estudo, através do serviço de VNP (Virtual Private Network ou Rede Virtual Privada), permitindo o acesso livre aos principais bancos de dados nacionais e internacionais como em E-Books e Periódicos Online. Quanto aos trabalhos encontrados apenas na forma impressa, esses foram classificados junto à biblioteca da UNESP, Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho no Campus de Rio Claro. De forma a conseguir a fundamentação teórica necessária para o desenvolvimento do trabalho, considerou a evolução da metodologia aplicada no mapeamento geombiental e também na compartimentação fisiográfica/fotointerpretação, como instrumento de apoio ao planejamento ambiental e como forma de avaliar as potencialidades e restrições de uso dos recursos naturais, quanto às características do lugar e os processos geológicos pertinentes a ele, associados ou não a ocupação antrópica.

Dentre essas metodologias o de enfoque analítico (análise integrada), enfoque sintético (análise multitemática), desenvolvidos a partir de um Sistema de Informação Geográfica. As principais referências desses temas foram Cendrero (2004), Fiori (2004), Goerl, M.; Kobiyama, R. F. (2005), Infanti Jr., Fornasari Filho (1998), Lollo (1998), Silva; Dantas (2010), Silva; Santos (2004), Soares; Fiori (1976), Vedovello (2004), Vedovello, Mattos (1998), Veneziane; Anjos (1982) e Zaine (2011). Sendo que, para a caracterização da área de pesquisa, destacam-se trabalhos desenvolvidos por Almeida et al., (2004), Azevedo e Massoli (1984), IPT (1981a), IPT (1981b), Jacques (2012), Lagrotti, (2000), Oliveira (2006) e Ross e Moroz (1997).

Para o levantamento bibliográfico, a utilização do sistema de busca chamado Booleano, que consiste em combinar dois ou mais termos/frases, para que a busca seja concentrada e objetiva. Definidas as palavras-chave combinadas por palavras de ligação, para a seleção das bibliografias com base no título e resumo da pesquisa. As palavras-chave consideradas estão presentes no (quadro 3). Sendo que o quadro utilizado no levantamento bibliográfico encontra-se no (anexo 1).

No desenvolvimento de cada etapa, foram necessárias durante o levantamento, pesquisas complementares, para melhor compreensão dos procedimentos adotados, como o método AHP, desenvolvido por Saaty (1980),

adequação de prioridades, auxiliando na ponderação dos mapas temáticos para análise multitemática e o método de Valeriano (1985), utilizado na verificação da exatidão cartográfica do mapeamento do uso e cobertura da terra.

Quadro 3. Palavras chaves adotadas no levantamento bibliográfico

Palavra-Chave em Português	Palavra-Chave em Inglês
Mapeamento geoambiental	<i>Geoenvironmental mapping</i>
Estudo geoambiental	<i>Geoenvironmental study</i>
Zoneamento geoambiental	<i>Geoenvironmental zoning</i>
Compartimentação fisiográfica	<i>Physiographic subdivision</i>
Compartimentação geomorfológica	<i>Geomorphological compartmentation</i>
Processos geológicos	<i>Geological processes</i>

As imagens de sensoriamento e os materiais cartográficos utilizados estão descritos nos itens a seguir.

- Produtos de sensoriamento remoto orbital: satélite *Landsat 5* (sensor TM), referente a data 28/09/2011, com resolução espacial de 30 metros, localizada na latitude - 21.7 e longitude - 46.2.
- Documentação cartográfica - mapas geológicos e geomorfológicos (suporte para a caracterização da área e a compartimentação fisiográfica), dentre os mapas:
 - Folha Geológica de Aguaí, escala 1:50.000 (IG, 1983);
 - Mapa Geológico do Estado de São Paulo, escala 1:250.000 (IPT, 1981a);
 - Mapa Geomorfológico do Estado de São Paulo, escala 1:1.000.000 (IPT, 1981b);
- Folhas topográficas 1:50.000 (1972a, b, c, d), disponibilizadas pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE).
 - Folha Aguaí SF-23-Y-A-III-1
 - Folha Águas de Lindóia SF-23-Y-A-III-4
 - Folha Moji-Guaçu SF-23-Y-A-III-3
 - Folha Pinhal SF-23-Y-A-III-2
- Software de tratamento digital de imagens: *ArcGIS® 10*;
- Equipamentos de apoio ao campo: GPS, máquina fotográfica (registrar os elementos de interesse) e fichas descritivas para os atributos fisiográficos e geotécnicos constatados nas áreas.

5.2. Edição da Base Cartográfica

Corresponde a elaboração do banco de dados geográficos a partir do *software ArcGIS® 10*, a obtenção da base cartográfica dos municípios de Espírito Santo do Pinhal e Santo Antônio do Jardim, por meio das quatro folhas topográficas, na escala de 1:50.000 e equidistância das curvas de nível de vinte metros, disponibilizadas no site do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. As quatro folhas foram georreferenciadas a partir de quatro pontos de controle estabelecidos, sendo que cada ponto de controle obteve erro menor que 1 metro e, determinadas com a projeção Universal Transversa de Mercator (UTM) e do *Datum* WGS84 (World Geodetic System 1984), zona 23, conhecido por utilizar o sistema geocêntrico, com o elipsoide GRS80 (Geodetic Reference System 1980), o mesmo empregado pelo *Datum* SIRGAS2000. Já que, a partir do ano de 2015, tornara oficial, apenas aqueles produtos cartográficos referenciados ao *Datum* SIRGAS2000.

Após o georreferenciamento, foram vetorizadas as curvas de nível, cidades, hidrografia, divisa de municípios e rodovias. Havendo a necessidade de correção da hidrografia e atualização da área urbana, da divisa de municípios e rodovias a partir das imagens do Google Earth, visto que essas folhas topográficas são do ano de 1972.

É válido ressaltar que a documentação cartográfica, relacionada geologia e a geomorfologia da região também foram georreferenciadas e utilizadas para consulta e apoio durante a caracterização da área e para a compartimentação fisiográfica.

Tendo a base cartográfica vetorizada, tornou-se possível a obtenção do Modelo Digital de Elevação do Terreno (MDET), gerado no *ArcGIS® 10*, no interpolador *Create TIN* com grade triangular, pois melhor representa relevos complexos, por meio das curvas de nível e hidrografia. Tornando possível a elaboração da carta hipsométrica, dividido a partir das linhas de quebra do relevo fundamentado nas curvas de nível, com altitudes em intervalos de 100 metros, determinadas em oito classes pelo método manual de: 600 m, 700 m, 800 m, 900 m, 1.000 m, 1.100 m, 1.200 m e 1.300 m.

Quanto à carta de declividade, foi determinada pela ferramenta *slope*, a partir do *TIN* convertido para o formato *raster* e posteriormente fatiado de acordo com os trabalhos realizados por De Biase (1970), Lepsh et al. (1983) e Ross (1995). As definições dos intervalos de declividade adotados estão descritas a seguir:

- 0 a 5% - segundo os autores citados, representam áreas de declividade baixa, com processos deposicionais e escoamento superficial lento a médio, por isso não há a presença de problemas com erosão laminar e linear. Estão sujeitas a ocorrência de inundação (solos com baixa permeabilidade) e enchente.
- 5 a 12% - geralmente com relevo ondulado, são superfícies inclinadas que caracterizam o escoamento superficial médio a rápido. Faixa limite para a utilização da mecanização na agricultura, sem a necessidade de aterros e cortes na construção civil. Dependendo das práticas agrícolas serem ameno ou intenso, a erosão hídrica pode ser resolvida com técnicas simples ou complexas em busca pela conservação dos solos (DE BIASE, 1970; LEPSH et al, 1983).
- 12 a 30% - limite máximo de acordo com a Lei Federal 6.766/79 alterada pela Lei nº 9.785/99 para o parcelamento do solo, com declividade de até 30%. E a urbanização com restrições em declividade igual ou superior a 30% (BRASIL, 1979, artigo 3). Áreas destinadas à plantação de culturas permanentes, pois o relevo é caracterizado com grande inclinação o que dificulta outros tipos de cultivo agrícola (DE BIASE, 1970).
- Maiores que 30% - salienta Ross (1995) que, terrenos com declividade superiores a 30%, apresentam alta fragilidade, sendo o limite máximo de corte raso da vegetação. A Lei do Parcelamento do Solo Urbano (Lei federal 6.766/79) não permite construções urbanas “em terrenos com declividade igual ou superior a 30%, salvo se atendidas exigências específicas das autoridades competentes” (BRASIL, 1979, artigo 3).

Por último, a carta de curvatura vertical, elaborada a partir do *TIN* em formato *raster*, na ferramenta *Curvature*, quando acionado o *Output profile curve raster*, relacionado à taxa de variação da declividade ao apresentar a forma côncava e convexa do terreno, analisada em perfil. Valeriano (2008), define a curvatura vertical de vertentes, com alto poder de identificação de unidades homogêneas do relevo, em estudos de compartimentação fisiográfica, por ser um tipo de análise, com forte relação com o tipo de substrato e com os processos de formação do relevo.

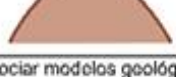
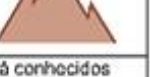
5.3. Elaboração da Carta de Compartimentação Fisiográfica a partir da Análise Integrada

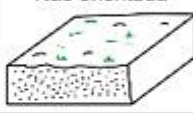
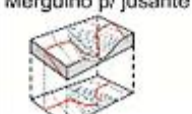
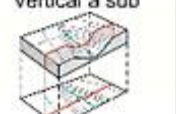
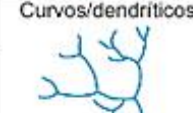
A compartimentação fisiográfica nesta pesquisa, teve como objetivo, uma avaliação preliminar do comportamento do meio físico dos municípios de Espírito Santo do Pinhal e Santo Antônio do Jardim. Para a compartimentação, foram utilizadas imagens do *Landsat TM 5*, referente a data 28/09/2011, com resolução espacial de 30 metros, localizada na latitude -21.7 e longitude - 46.2 e com escala máxima de 1:60.000. No *software ArcGIS® 10*, essas foram importadas e analisadas através de varias composições falsa cor e, a normalização dos níveis de cinza para dados de reflectância, de forma a identificar a banda que melhor representava as feições do revelo na área. No caso, a banda 5. Sendo que outros autores também utilizaram a banda 5 para a compartimentação fisiográfica, como: Ferreira e Penteado (2011), Florenzano (1998) e Lousada e Campos (2005). Em seguida essa banda foi georreferenciada com oito pontos de controle e para melhor analise dos vários objetos presentes, aspectos texturais, foi aplicado o contraste linear, onde os tons de cinzas foram distribuídos e alterados, os ruídos presentes na imagem eliminada, servindo de base para a delimitação das unidades realizada em ambiente SIG, na escala 1:50.000.

Para o desenvolvimento da compartimentação fisiográfica, considerou o método que pode ser dividido em três fases: a fotoleitura, a fotoanálise e por último a fotointerpretação, tendo como objetivo a delimitação das zonas homólogas, assim a elaboração de um mapa de compartimentos com características semelhantes, através da metodologia proposta por Zaine (2011), quanto à análise integrada dos elementos presentes no meio físico estudada foi baseada no trabalho de (SOARES; FIORI, 1976). Que Compreende: a) A fotoleitura representou o reconhecimento em imagens de satélite, dos elementos que compõem a paisagem, considerando: bandas espectrais, resolução espacial e espectral, entre outras características. b) Na fotoanálise, utilizou-se dos quadros de análise elaborados por Zaine (2011), representado pelo (quadro 4), e critérios analíticos complementares para a compartimentação, desenvolvidos por Oliveira (IPT. 1981a), relacionado ao (quadro 5).

Quadro 4. Análise geológica nas imagens de sensoriamento remoto

1. Análise da densidade textural		CLASSES		
Elementos de análise	Elementos de drenagem e relevo			
Critérios de análise	Densidade dos elementos de drenagem	Baixa (0 a 5/10 km²) 	Média (5 a 30/10 km²) 	Alta (> 30/ km²) 
	Densidade dos elementos do relevo (dissecação e rugosidade do terreno)	Baixa (mais lisa) 	Média 	Alta (mais rugosa) 
Propriedade a ser interpretada	PERMEABILIDADE (intergranular)	Alta (Permeável)	Média	Baixa (Pouco permeável a impermeável)
APLICAÇÕES Informações interpretadas por esta análise	Relação escoamento superficial/infiltração	Baixa	Média	Alta
	Espessura e características do manto de alteração	Grande (Espesso; > 5m)	Média	Pequena (Raso/rocha aflorante)

2. Análise das formas e características do relevo		CLASSES		
Elementos de análise	Declives, vertentes, topos, vales, rupturas de declive (quebras de relevo), cristas e escarpas			
Critérios de análise	a) Amplitude local (variações de cotas na unidade)	Pequena (0 a 100 m) 	Média (100 a 300 m) 	Grande(> 300 m) 
	b) Declividade	Baixa (0 - 15%) 	Média (15 - 30%) 	Alta (> 30%) 
	c) Forma de encosta / vertente (* representação em planta)	Convexa  	Côncava  	Retilínea  
	d) Forma do vale (* representação em planta)	Aberto  		Fechado  
	e) Forma do topo	Aplainados 	Arredondados 	Angulosos 
	f) Feições particulares de relevo	Identificar e descrever. Associar modelos geológicos já conhecidos *Consultar quadros Howard (1967); Soares e Fiori (1976); Nunes et. al. (1995)		
Propriedades a serem interpretadas	Solubilidade	Não solúvel		Solúvel
	Resistência à erosão natural (dureza)	Baixa (Pouco resistente)	Média (Resistência média)	Alta (Muito resistente)
APLICAÇÕES Informações interpretadas por esta análise	Profundidade do topo rochoso	Profundo	Intermediário	Raso a sub aflorante
	Espessura de materiais inconsolidados	Espesso	Intermediário	Delgado a inexistente
	Grau de escavabilidade	Pouco resistente	Resistência média	Muito resistente
	Potencial a erosão linear (induzida)	Médio a alto	Médio a alto	Médio a baixo
Registros de processos geológicos	Potencial a movimentos gravitacionais de massa	Baixo	Médio a Alto	Alto

3. Análise das estruturas geológicas		CLASSES			
Elementos de análise	Linhas de rupturas de declive (positivas = proeminentes; negativas = reentrâncias) Lineações e alinhamentos de relevo (traços de foliação e camadas), drenagem e traços de fratura				
Critérios de análise	a) Tropa	Não orientada 	Pouco orientada 	Orientada 	Muito orientada 
	b) Assimetria de relevo e drenagem (geometria das camadas)	Muito assimétrico 	Assimétrico 	Pouco assimétrico 	Simétrico 
	c) Regra dos Vs	Horizontal a sub 	Mergulho p/ montante 	Mergulho p/ jusante 	Vertical a sub 
	d) Sinuosidade* (drenagem)	Curvos/dendríticos 	Mistos 	Retilíneos não paralelos/espçados 	Retilíneos paralelos/adensados 
	e) Padrões reconhecidos e anomalias	Identificar e descrever. Associar à modelos geológicos já conhecidos. *Consultar quadros Howard (1967); Soares e Fiori (1976); Nunes et. al. (1999)			
Propriedades a serem interpretadas	Planos de estratificação e foliação metamórfica	Ausentes a pouco marcantes	Espçados	Adensados	
	Composição e estrutura	Baixo	Médio	Alto	
	Plasticidade/ruptibilidade (foliação x fraturas)	-	Rúptil	Dúctil	
	Grau de faturamento	Homogênea	Mistos	Heterogênea	
	Permeabilidade Fissural	Baixa	Média	Alta	
APLICAÇÕES Informações interpretadas por esta análise	Partição em blocos: possibilidade de queda de blocos	Baixa	Média	Alta	

4. Análise complementar		CLASSES		
Elementos de análise	Tons de cinza ou coloração; vegetação e uso do solo; feições de processos geológicos			
Critérios de análise	Tons de cinza *	branco a cinza claro	cinza médio	cinza escuro a preto
	Coloração*	Claros, amarelados, róseos		Verdes escuros a pretos
Propriedades a serem interpretadas	Solos derivados de rochas básicas/ácidas ou arenosas/argilas	Solos ácidos/ arenosos	Solos básicos/argilosos	
	Presença de água/umidade no solo	Solos secos	Solos úmidos	Corpos d'água**
	Cobertura vegetal	Sem vegetação a pastagem	Rasteiras e arbustivas	Arbóreas (florestas e reflorestamento)
APLICAÇÕES Informações interpretadas por esta análise	Solo exposto	Presente		Ausente
	Afloramentos e blocos rochosos	Presente		Ausente
	Presença de N.A. raso/aflorante	Profundo (> 5m)	Variável	Raso (aflorante < 2m)

* A análise deve considerar os diferentes tipos de uso do solo.

** Corpos d'água podem apresentar tons claros quando ocorre a reflexão da luz.

Fonte: Zaine (2011).

A delimitação das unidades foi complementada a partir de análises sobre as cartas de hipsometria, declividade e curvatura vertical (perfil das vertentes), de forma a identificar conjuntos de sistemas de relevo, como pode ser observado no (Quadro 5). Fase finalizada com a integração das informações do contexto regional aos compartimentos, relacionados aos mapas de domínios geológicos e geomorfológicos, coletados na primeira fase da pesquisa.

Quadro 5. Critérios analíticos utilizados na Compartimentação Fisiográfica

Critério	Categoria	Intervalo	Conceito
Amplitude Local	pequena média grande	0-100m 100-300m > 300m	Altura máxima da unidade em metros, acima do assoalho dos grandes vales adjacentes.
Declividade	baixa média alta	0-15% 15-30% >30%	Inclinação média do perfil da encosta.
Densidade de Drenagem	baixa média alta	0-05 5-30 30	Número de cursos d'água perenes numa área de 10 km ²
Topos	extensos restritos	—	Convencional
Formas de Topos	aplainados arredondados angulosos	—	Convencional
Perfil das Vertentes	convexo retilíneo côncavo	—	Convencional

Fonte: IPT (1981a).

c) A fotointerpretação incidiu na identificação dos alvos na superfície terrestre, e na caracterização das unidades compartimentadas através da função e relação dos objetos presentes na imagem de satélite.

5.4. Trabalho de Campo

A partir da compartimentação fisiográfica prévia realizada, foi preciso análises em campo, de forma a conferir a homogeneidade, similaridade e limites das unidades. Os pontos foram selecionados com base na necessidade de se obter informações de cada unidade compartimentada.

Nas observações *in situ*, foram considerados, os materiais geológicos expostos nos cortes das estradas percorridas e, registradas em fichas descritivas (anexo 2), onde continha os seguintes itens a serem observados, relacionados ao:

tipo de solo, relevo, material rochoso, perfil de alteração e processos geológicos de forma a subsidiar o uso do solo.

Posteriormente, os dados coletados em campo, foram integrados a carta de compartimentação fisiográfica, carta de uso e cobertura do solo no *software ArcGIS® 10*, e também a tabela descritivas das unidades, para correção e complementação das informações obtidas previamente.

5.5. Elaboração da Carta Geoambiental a partir da Abordagem Multitemática

Para o desenvolvimento da abordagem multitemática, além da carta de compartimentação fisiográfica (representando o mapa geomorfológico, geológico e de declividade, em um só produto), foi necessário à sobreposição de outras cartas com temas diversos, sem essencialmente compor padrões da fisionomia do terreno, neste caso a carta de uso e cobertura da terra, chuvas intensas médias e áreas de preservação permanente. Lembrando que, para que houvesse uma ponderação eficaz sobre essas cartas, de forma que os valores de prioridades estabelecidos a cada uma ocorresse de forma organizada, foi empregado o método (AHP) desenvolvido por (SAATY, 1980). De forma a estabelecer novas unidades e avaliar as potencialidades e restrições de uso do meio ambiente, ao considerar as suscetibilidades do mesmo, de acordo com suas características genéticas, conhecendo-o integralmente para o mapeamento geoambiental (ROSS, 1995).

Para cada carta que compões a análise multicriterial, foram atribuídos 5 classes de zoneamento, onde o peso 1 corresponde a classe de mais baixa suscetibilidade aos processos do meio físico e, a de peso 5 representando a classe de mais alta suscetibilidade a ocorrência desses processos. Para a carta de compartimentação fisiográfica, os critérios para a definição dos cinco pesos, quanto à suscetibilidade aos processos do meio físico segundo a pesquisa de Ross (1995), pode ser observado no (quadro 6).

Quadro 6. Critérios utilizados para a definição dos pesos para cada unidade fisiográfica

Pesos	Principais características para a definição dos pesos
1 Suscetibilidade muito baixa	- Baixas declividades (inferiores a 10%); - Relevo suave; - Baixa potencialidade de ocorrência dos processos do meio físico.
2 Baixa suscetibilidade	- Baixas declividades; - Relevo suave; - Composto por formações areníticas, propícia para ocorrência de erosões lineares.
3 Media suscetibilidade	- Declividades médias; - Média amplitude altimétrica; - Potencialidade de ocorrência de erosão linear, escorregamentos e rastejo.
4 Alta suscetibilidade	- Relevo dissecado; - Médias declividades; - Presença de afloramentos rochosos superficiais; - Presença de escorregamento, rastejo, sulcos erosivos e rolamento de blocos.
5 Suscetibilidade muito alta	- Baixas declividades; - Áreas sujeitas ao assoreamento, inundação e enchente; - Presença de solos inconsolidados de baixa capacidade de suporte; - Nível de água aflorante a raso; - Presença de áreas de preservação permanente.
	- Altas declividades; - Alta potencialidade de ocorrência de processos de dinâmica superficial (erosão, escorregamento e quebra/rolamento de blocos); - Presença de áreas de preservação permanente.

Fonte: Adaptado de (PILACHEVSKY, 2013).

O (quadro 7), representa as classes atribuídas a carta de uso e cobertura da terra.

Quadro 7. Classes de fragilidades estabelecidas no uso e cobertura da terra

Peso das classes	Uso e cobertura da terra
1 Muito fraca	Vegetação arbórea
2 Fraca	Vegetação arbustiva
3 Média	Cultura permanente, área urbana, edificações, gramínea, campo sujo (planície aluvionar) e corpo d'água.
4 Forte	Cultura temporária, pastagem e distrito industrial.
5 Muito forte	Solo exposto e mineração.

Fonte: Adaptado de (ROSS, 1995).

Quanto à divisão das classes de suscetibilidade a chuvas intensas, estão apresentas no (quadro 8).

Quadro 8. Classe de suscetibilidade a chuvas intensas na área de estudo

Peso das classes	Chuvas acumuladas
1 Muito baixa	< 202, 8
2 Baixa	202,8 – 220, 0
3 Média	220, 0 – 237, 2
4 Alta	237, 2 – 254, 4
5 Muito alta	> 271, 6

E por último, foram consideradas as classes relacionadas às Áreas de Preservação Permanente com restrição, segundo o Código Florestal (2012).

A seguir são abordados os métodos empregados na elaboração de cada carta utilizada na ponderação.

5.5.1. Carta de Uso e Cobertura da Terra

A elaboração da carta de uso e cobertura da terra da área de estudo, sucedeu a partir da classificação realizada de forma não automática, ou seja, classificação visual pela interpretação dos alvos em uma composição de acordo com o comportamento espectral das classes contidas nas imagens de satélite do *Landsat* TM 5, nas composições coloridas R3 G4 B5. A técnica de interpretação visual foi empregada por se tratar de uma área com extensão menor, pois caso contrário, o método seria inviável pela grande demanda de tempo, quando aplicada em áreas mais extensas.

Devido a resolução espacial do *Landsat* TM 5, não exibir objetos com tamanho inferior a 30 metros, dificultando a classificação dos alvos e seus limites, também foram interpretados e demarcados polígonos contidos em imagens de alta resolução do Google Earth. Onde houve a necessidade de transformar o limite da área (no formato *shapefile*) para o formato *Keyhole Markup Language* (KML) na escala 1:50.000, e assim ser visualizado no programa Google Earth, para a coleta das amostras que correspondiam a área de estudo e, após a seleção, os polígonos

foram salvos em (KML) e exportados para o *software ArcGIS® 10*, a partir da transformação para (*shapefile*). Correções quanto à classificação desses alvos foram feitas, através das observações em campo, com a coleta de pontos amostrais de uso e cobertura da terra.

Dentre os alvos classificados: área urbana, campo sujo, cultura permanente, cultura temporária, distrito industrial, drenagem, edificações, estradas, gramíneas, minerações, pastagem, reservatórios, solo exposto, vegetação arbórea e vegetação arbustiva. São 15 classes selecionadas de acordo com a Subclasse do nível hierárquico II do Manual Técnico de Uso da Terra (IBGE, 2006).

Classes caracterizadas quanto aos dois termos, o de uso da terra, que determina as atividades humanas desenvolvidas sobre a cobertura da terra, e essa relacionada à cobertura vegetal ou artificial presente na superfície.

Para a verificação da precisão dessa carta, foi adotada a técnica desenvolvida por Valeriano (1985), denominada de verificação da estimativa de exatidão da classificação de mapas temáticos, com base nos trabalhos de Ginevan (1979) e Genderen et. al. (1978). Onde é considerado primeiramente o tamanho da amostra (quantidade de pontos amostrais a serem analisados em campo), de acordo com a (tabela 11). Os critérios de uma amostragem de qualidade para a verificação de um produto cartográfico de acordo com Ginevan (1979), é preciso “ter baixa probabilidade de aceitar um mapa com baixa qualidade; ter alta probabilidade de aceitar um mapa de alta qualidade e requerer um número mínimo n de amostras para verificação”.

Tabela 11. Valores ótimos de n para X_c e para $\alpha = 0,05$ e $P_u = 0,85$, e correspondentes valores de β para $P_p = 0,90$; $0,95$ e $0,99$

n	xc	Valores de β para		
		$P_p = 0,90$	$P_p = 0,95$	$P_p = 0,99$
19	0	0,8649	0,6226	0,1738
30	1	0,8163	0,4465	0,0361
40	2	0,7772	0,3233	0,0075
50	3	0,7497	0,2396	0,0016
59	4	0,7152	0,1719	0,0003
68	5	0,6859	0,1242	0,0001
76	6	0,6467	0,0856	0,0000
85	7	0,6247	0,0624	0,0000
93	8	0,5919	0,0432	0,0000
102	9	0,5746	0,0318	0,0000
110	10	0,5464	0,0221	0,0000
118	11	0,4959	0,0107	0,0000
126	12	0,4959	0,0107	0,0000
134	13	0,4731	0,0074	0,0000
142	14	0,4518	0,0052	0,0000
150	15	0,4318	0,0036	0,0000

158	16	0,4130	0,0025	0,0000
166	17	0,3954	0,0018	0,0000
174	18	0,3737	0,0012	0,0000
182	19	0,3630	0,0009	0,0000
190	20	0,3481	0,0006	0,0000
197	21	0,3252	0,0004	0,0000
205	22	0,3122	0,0003	0,0000
213	23	0,2998	0,0002	0,0000
220	24	0,2802	0,0001	0,0000
228	25	0,2693	0,0001	0,0000
236	26	0,2589	0,0001	0,0000
243	27	0,2421	0,0000	0,0000
251	28	0,2329	0,0000	0,0000
259	29	0,2242	0,0000	0,0000
266	30	0,2097	0,0000	0,0000
274	31	0,2020	0,0000	0,0000
281	32	0,1890	0,0000	0,0000
289	33	0,1821	0,0000	0,0000
296	34	0,1704	0,0000	0,0000
304	35	0,1643	0,0000	0,0000
311	36	0,1537	0,0000	0,0000
319	37	0,1483	0,0000	0,0000
326	38	0,1388	0,0000	0,0000
334	39	0,1339	0,0000	0,0000
341	40	0,1253	0,0000	0,0000
349	41	0,1210	0,0000	0,0000
356	42	0,1133	0,0000	0,0000
364	43	0,1094	0,0000	0,0000
371	44	0,1024	0,0000	0,0000
379	45	0,0989	0,0000	0,0000
386	46	0,0926	0,0000	0,0000
393	47	0,0867	0,0000	0,0000

Fonte: (GINEVAN, 1979 *apud* VALERIANO, 1985, p. 46 e 47).

5.5.2. Carta de Chuvas Intensas Médias

As informações sobre as chuvas intensas médias, foram obtidas no site do Sistema de Informações para o Gerenciamento de Recursos Hídricos do Estado de São Paulo – SigRH (2013). São dados de grande importância para melhor compreensão do modelamento e a intensidade dos processos geológicos quanto às formas superficiais da área de estudo, sendo a precipitação um dos principais responsáveis por esses fenômenos. A (tabela 12), representa os 57 pluviômetros localizados em torno de Espírito Santo do Pinhal e Santo Antônio do Jardim e os dados de séries históricas coletadas, esses relacionados aos meses mais chuvosos que vai de dezembro a março na área de estudo, para a elaboração do mapa de chuvas intensas médias. Vale lembrar que não foram considerados dados relacionados ao estado de Minas Gerais devido à carência de informações quanto ao histórico de chuva acumulada.

Tabela 12. Dados de chuva acumulada registrados em pluviômetros

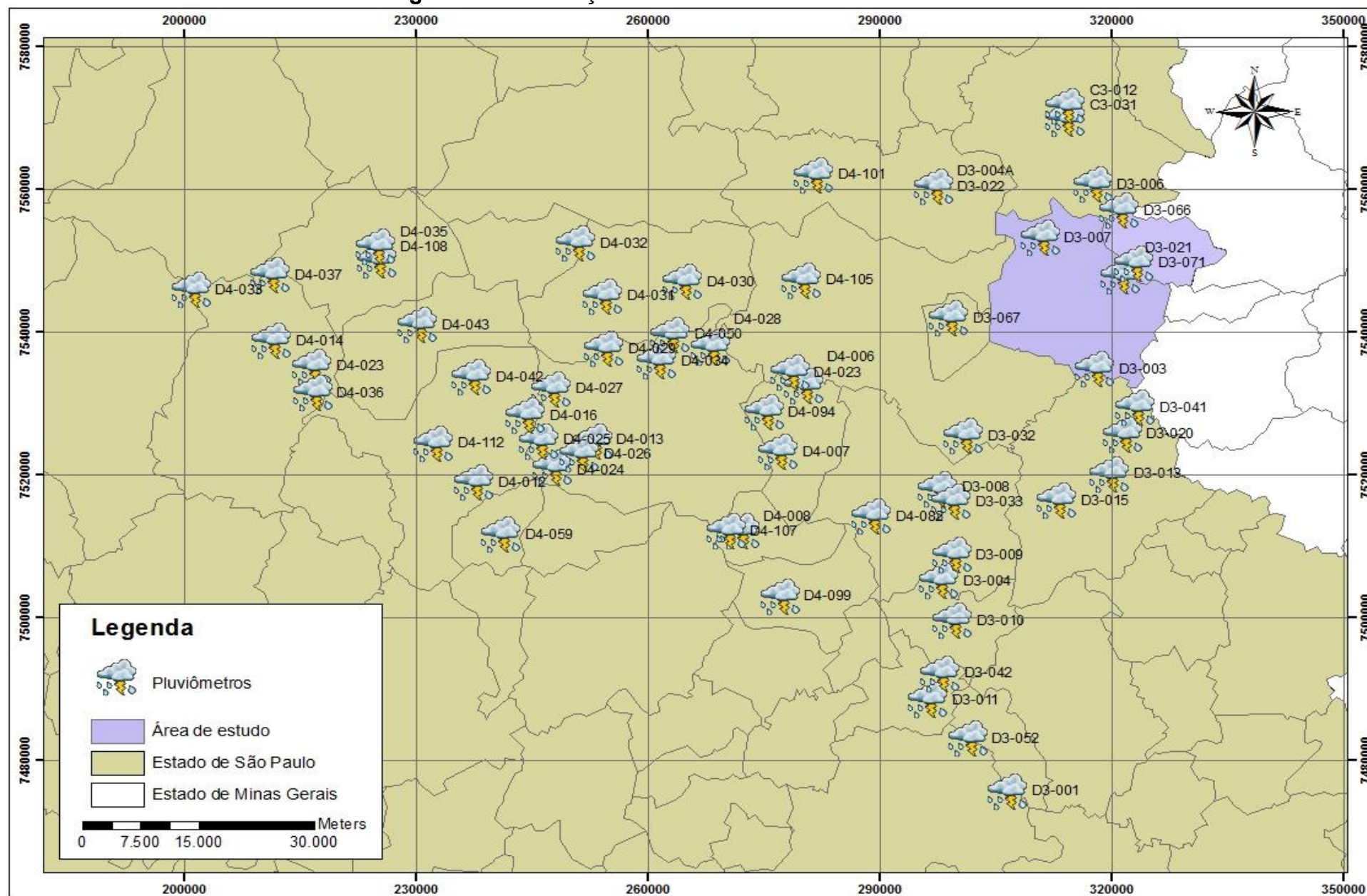
Município	Prefixo	Coordenadas UTM		Chuva (mm)				
		X (mE)	Y (mS)	Dezembro	Janeiro	Fevereiro	Março	Média
Aguai	D3-004A	297041,43	7560330,7	252	240	189	130	202,75
Aguai	D3-022	297041,43	7560330,7	248	255	207	175	221,25
Aguai	D4-101	281531,02	7561969,15	246	240	199	173	214,5
Analândia	D4-035	224930,86	7550001,88	209	236	209	151	201,25
Analândia	D4-108	224898,47	7551848,11	231	223	231	205	222,5
Araras	D4-013	252860,17	7524616,81	182	220	237	134	193,25
Araras	D4-024	247769,36	7520841,68	377	254	261	178	267,5
Araras	D4-025	245992,18	7524505,75	465	218	198	117	249,5
Araras	D4-026	251172,85	7522743,31	335	238	229	140	235,5
Araras	D4-027	247589,14	7531918	224	239	211	155	207,25
Araras	D4-028	268119,57	7537776,54	219	290	227	154	222,5
Araras	D4-029	254372,97	7537565,96	224	236	194	157	202,75
Araras	D4-034	261274,67	7535826,86	236	263	190	164	213,25
Artur Nogueira	D4-008	271936,71	7511985,57	353	278	189	158	244,5
Artur Nogueira	D4-099	277216,53	7502831,76	216	231	167	156	192,5
Conchal	D4-094	275125,99	7528648,31	226	248	192	157	205,75
Corumbataí	D4-043	230250,25	7540860,62	217	249	218	156	210
Engenheiro Coelho	D4-107	270221,33	7511960,08	221	237	185	182	206,25
Estiva Gerbi	D3-067	298998,64	7541897,12	235	225	193	169	205,5
Holambra	D4-082	289064,5	7514075,64	203	222	182	149	189
Itapira	D3-015	313057,16	7516230,96	221	236	208	150	203,75
Itapira	D3-020	321527,98	7525559,77	253	260	221	164	224,5
Itapira	D3-041	323202,37	7529270,32	279	294	239	200	253
Itirapina	D4-014	211374,27	7538675,98	199	240	215	153	201,75
Itirapina	D4-023	216598,34	7535077,86	239	314	230	141	231
Itirapina	D4-033	200918,62	7545867,74	226	257	213	160	214
Itirapina	D4-036	216665,6	7531385,15	227	251	228	160	216,5
Itirapina	D4-037	211203,73	7547907,96	210	227	199	148	196
Jaguariúna	D3-011	296269,81	7488328,4	176	220	171	108	168,75
Jaguariúna	D3-042	297933,42	7492042,57	208	228	196	151	195,75
Leme	D4-030	264543,91	7546954,37	218	233	195	143	197,25
Leme	D4-031	254256,77	7544949,82	213	217	213	143	196,5
Leme	D4-050	262936,64	7539544,89	227	229	192	150	199,5
Mogi Guaçu	D3-032	300929,76	7525308,88	186	219	174	127	176,5
Mogi Guaçu	D4-023	278481,44	7534234,99	225	219	167	152	190,75
Mogi Guaçu	D4-105	280017,16	7547179,5	228	246	189	171	208,5
Mogi Mirim	D3-004	297762,87	7504962,3	200	274	233	123	207,5
Mogi Mirim	D3-008	297593,16	7517881,86	253	242	195	166	214
Mogi Mirim	D3-009	299429,06	7508676,07	199	237	201	161	199,5
Mogi Mirim	D3-033	299332,93	7516058,62	228	232	192	161	203,25
Pedreira	D3-001	306708,95	7475542,74	212	247	218	137	203,5

Pedreira	D3-052	301479,46	7482859,17	218	246	211	154	207,25
Espírito Santo do Pinhal	D3-003	317986,95	7534747,2	265	263	226	184	234,5
Espírito Santo do Pinhal	D3-007	310893,68	7553120,24	240	188	175	142	186,25
Espírito Santo do Pinhal	D3-021	321274,05	7547704,96	253	261	221	168	225,75
Rio Claro	D4-012	237500,81	7518824,15	210	232	207	148	199,25
Rio Claro	D4-016	244214,25	7528169,68	226	238	218	153	208,75
Rio Claro	D4-042	237250,69	7533593,38	210	245	218	148	205,25
Rio Claro	D4-112	232255,46	7524274,47	192	317	261	151	230,25
São João da Boa Vista	C3-012	314136,92	7569770,22	251	257	205	152	216,25
São João da Boa Vista	C3-031	314115,23	7571615,64	254	255	215	172	224
São João da Boa Vista	D3-006	317686,28	7560583,3	262	281	232	143	229,5
São João da Boa Vista	D3-066	321168,89	7556931,98	267	281	206	183	234,25
Santa Cruz da Conceição	D4-032	250700,85	7552279,34	224	219	209	157	202,25
Santa Gertrudes	D4-059	241057,7	7511497,52	200	252	197	160	202,25
Santo Antônio da Posse	D3-010	299549,59	7499447,81	195	216	164	142	179,25
Santo Antônio do Jardim	D3-071	322972,08	7549569,89	279	308	231	195	253,25

Fonte: (SISTEMA DE INFORMAÇÕES PARA O GERENCIAMENTO DE RECURSOS HÍDRICOS DO ESTADO DE SÃO PAULO – SIGRH, 2013).

Após a coleta, esses dados foram inseridos na planilha do *software Excel*, e assim exportados para o *ArcGis*, onde essas vértices foram visualizadas através da ferramenta (*Display XY Data*) e esses convertidos para o formato *shapefile* de pontos pelo (*Export Data*), contendo os valores médios de precipitação, possibilitando a visualização da distribuição dos 57 pluviômetros sobre e em torno a área de estudo, como pode ser observada na (figura 12). A partir da ferramenta (*Topo to Raster*) interpolou-se essa superfície com os dados de chuva média, sendo os valores gerados e classificados em 5 classes pelo método *Natural Breaks* (*Jenks*).

Figura 12. Distribuição dos Pluviômetros na Área de Estudo



5.5.3. Carta de Áreas de Preservação Permanente

A metodologia utilizada na confecção da carta de Áreas de Preservação Permanente (APPs), teve como base o Novo Código Florestal (Lei nº 12.651/2012). As áreas delimitadas nesta pesquisa envolvem: APPs ao longo dos cursos d'água, nascentes, e topo de morros, montes, montanhas e serras.

a) Delimitação das APPs ao longo dos cursos d'água e nascentes:

A maioria das drenagens que se encontram na área de estudo, possui largura menor que 10 metros, sendo nesses aplicados a ferramenta *Buffer* do *software ArcGis 10*, *Buffers* de 30 metros de largura. Quanto ao rio Eleutério, presente em Espírito Santo do Pinhal, foi identificado larguras variadas de 35 a 92 metros, com valor médio acima de 50, foram utilizadas *Buffers* de 100 metros e, no caso do rio Mogi-Guaçu, constatou-se variantes de 19 a 200 metros, média acima de 100, também atingiu *Buffers* de 100 metros. Para delimitar a largura dessas drenagens, foi utilizada a ferramenta *Measure*, sobre as imagens de satélite.

b) Delimitação de APPs de Nascentes:

Quanto as nascentes, essas foram definidas através de pontos, e posteriormente foram aplicados *Buffers* de 50 metros para cada uma dessas.

c) Delimitação de APPs de Topo de morros, montes, montanhas e serras, com altura mínima de 100 (cem) metros e inclinação média maior que 25°:

Foi delimitado através do cálculo realizado em cada morro, monte, montanha e serra presente na área de estudo, a partir do resultado da diferença entre a cota do topo e a cota da base (definida pelo plano horizontal - planície) de forma a conseguir amplitude maior que 100 metros e inclinação média superior a 25°. Com esses selecionados foram demarcado às áreas de preservação permanente através da curva de nível correspondente a 2/3 de sua elevação em relação à base.

Com a elaboração das quatro cartas destacadas, foi possível reconhecer os valores de prioridades de cada uma através do método AHP, e em seguida foi empregado o procedimento proposto por (ROSS, 1995, BENNET; DOYLE, 1997), onde essas cartas foram convertidas em dados *rasters*, para a sobreposição

ponderada ou análise multicriterial, pela ferramenta (*Weighted overlay*), disponível no *software ArcGis 10*. Nesta, as camadas foram reclassificadas numa escala de 1 a 9 em números inteiros e ponderadas com peso de importância em percentagem.

Com a geração da carta geoambiental, houve a necessidade de uma simplificação cartográfica (filtro), através do agrupamento de alguns polígonos com áreas pouco representativas aos polígonos vizinhos com extensões maiores. De forma a simplificar os resultados.

De acordo com os resultados obtidos com o mapeamento geoambiental, foram elaboradas recomendações de proteção ambiental da área de estudo, para o seu desenvolvimento sustentável. Acerca dos resultados obtidos com a presente pesquisa, teceram-se as conclusões.

6. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Neste capítulo, são apresentados os resultados obtidos com a análise integrada (compartimentação fisiográfica) e a abordagem multitemática (carta geoambiental) da área de estudo.

6.1. Produtos Auxiliares para a Elaboração da Carta de Compartimentação Fisiográfica

Dentre os produtos que auxiliaram na elaboração da compartimentação fisiográfica estão, à carta de declividade, hipsometria e por último a carta de curvatura vertical, descritas a seguir.

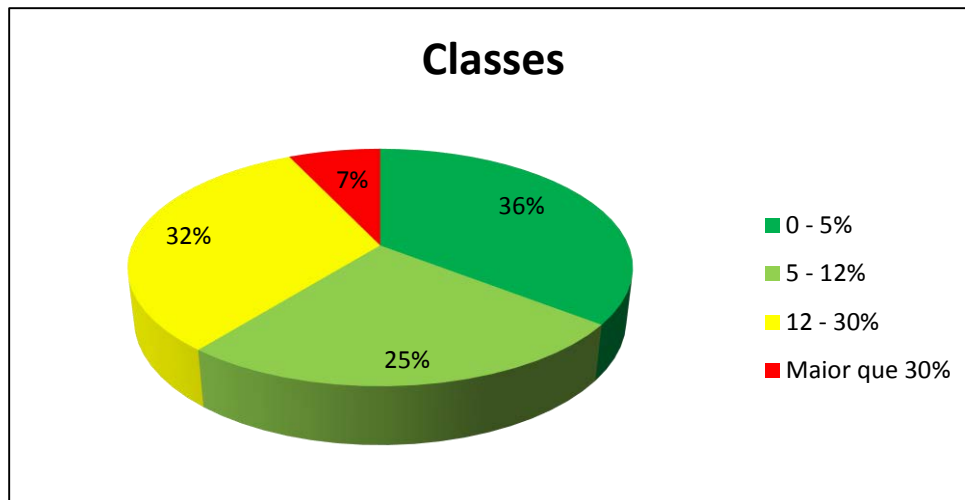
O mapa de declividade possibilitou melhor análise do relevo, à medida que o mesmo apresentou a distribuição da declividade da área de estudo, de forma a determinar a dinâmica dos processos ambientais.

Terrenos com declividades de até 5% representam em torno de 17.000 ha, são utilizados principalmente pela cultura temporária. Relacionado às áreas planas em fundos de vales, associados à ocorrência de enchente, inundação e assoreamento. Declives entre 5 e 12% possui aproximadamente 12.000 ha, estão presentes em 25% da área de estudo conforme o gráfico da (figura 13), em locais onde o relevo é suave, ondulado e também com o predomínio de cultuas temporárias.

Declividade de 12 a 30% compreendem a 32% da área de estudo, apresentam maior suscetibilidade a movimento de massa do tipo rastejo e processos erosivos laminares. Nesses terrenos, a cultura permanente tende a ser mais desenvolvida, já que em declives com 20% há restrições do uso de mecanização agrícola.

Regiões serranas observam-se vertentes com declividade mais acentuada superiores a 30%, apresentam em torno de 3.000 ha. São terrenos com alta fragilidade, pois há grande probabilidade de ocorrência de escorregamentos, quedas e rolamentos de blocos entre outros processos típicos dessa área.

A carta de declividade é apresentada na (figura 14), com os intervalos de declividade baixa (0 – 12%), média (12% - 30%) e alta (> 30%).

Figura 13. Distribuição das classes de declividade na área de estudo

A hipsometria dos municípios de Espírito Santo do Pinhal e Santo Antônio do Jardim podem ser observadas na (figura 15). Onde foi possível identificar a amplitude altimétrica de 680 metros, terrenos com menores altitudes de 620 metros localizadas a oeste e, a leste o seu ponto mais elevado com 1.300 metros. Neste mapa foram selecionados 8 classes hipsométricas, onde observou-se a predominância de altitudes de 700 a 800 metros, as quais ocupam 30% do total da área de estudo e a classe 800 a 900 metros com 29% (tabela 13).

Tabela 13. Classes hipsométricas da área de estudo

Classes hipsométricas	620 - 700	700 - 800	800 - 900	900 - 1000	1000 - 1100	1100 - 1200	1200 - 1300
Área (%)	16	30	29	15	6	3	1

Quanto à carta de curvatura vertical (figura16), é importante ressaltar que o software ArcGis fornece a legenda da carta em números (positivos e negativos), sendo que os valores positivos da legenda, dizem respeito as áreas côncavas, os valores negativos as área convexas e os valores próximos de zero corresponde as curvaturas planas. Dessa forma, em torno 16% da área de estudo se enquadra na classe convexa, 24% na classe côncava e cerca de 60% na classe plana.

Figura 14. Carta de Declividade da área de estudo

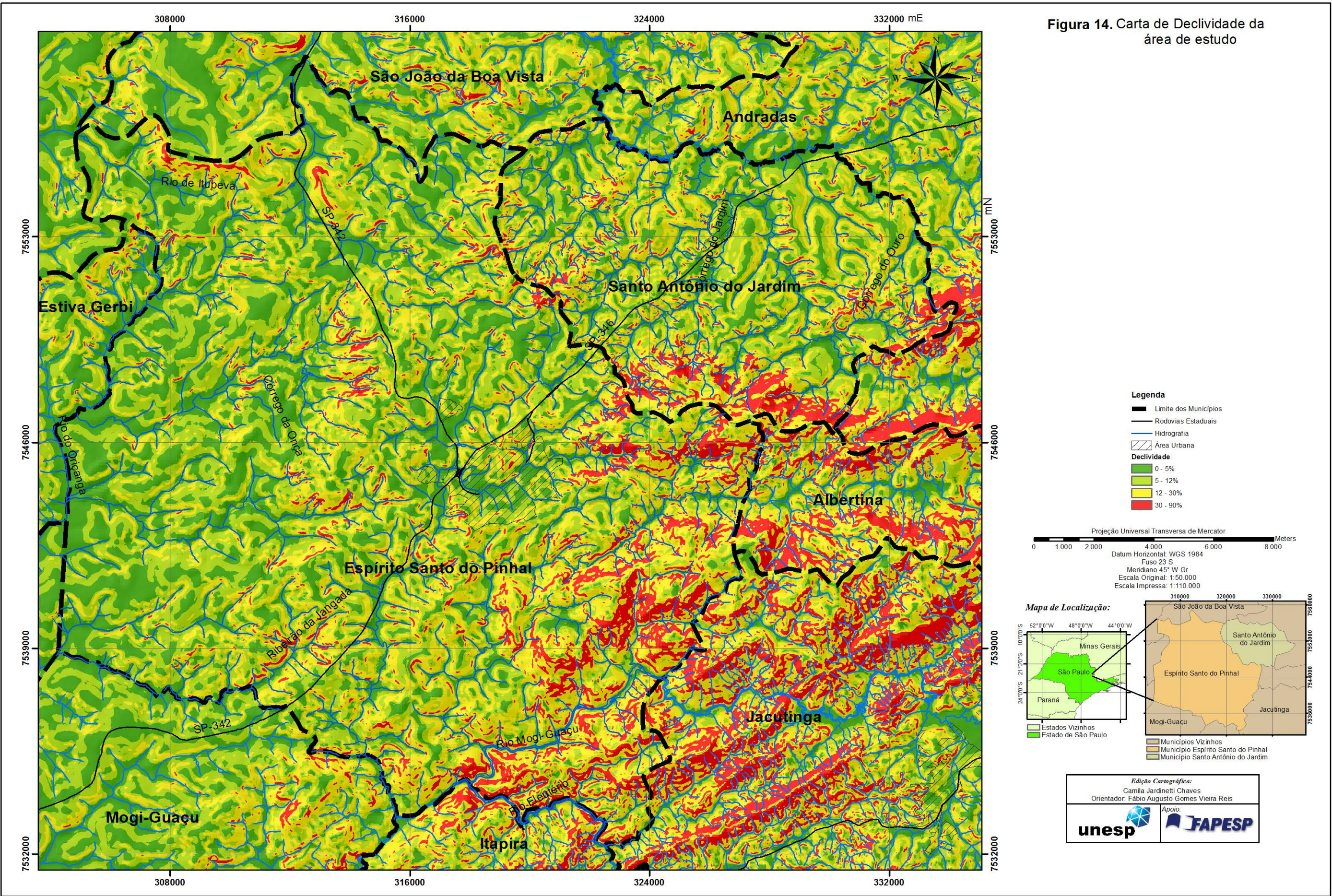


Figura 15. Carta Hipsométrica da área de estudo

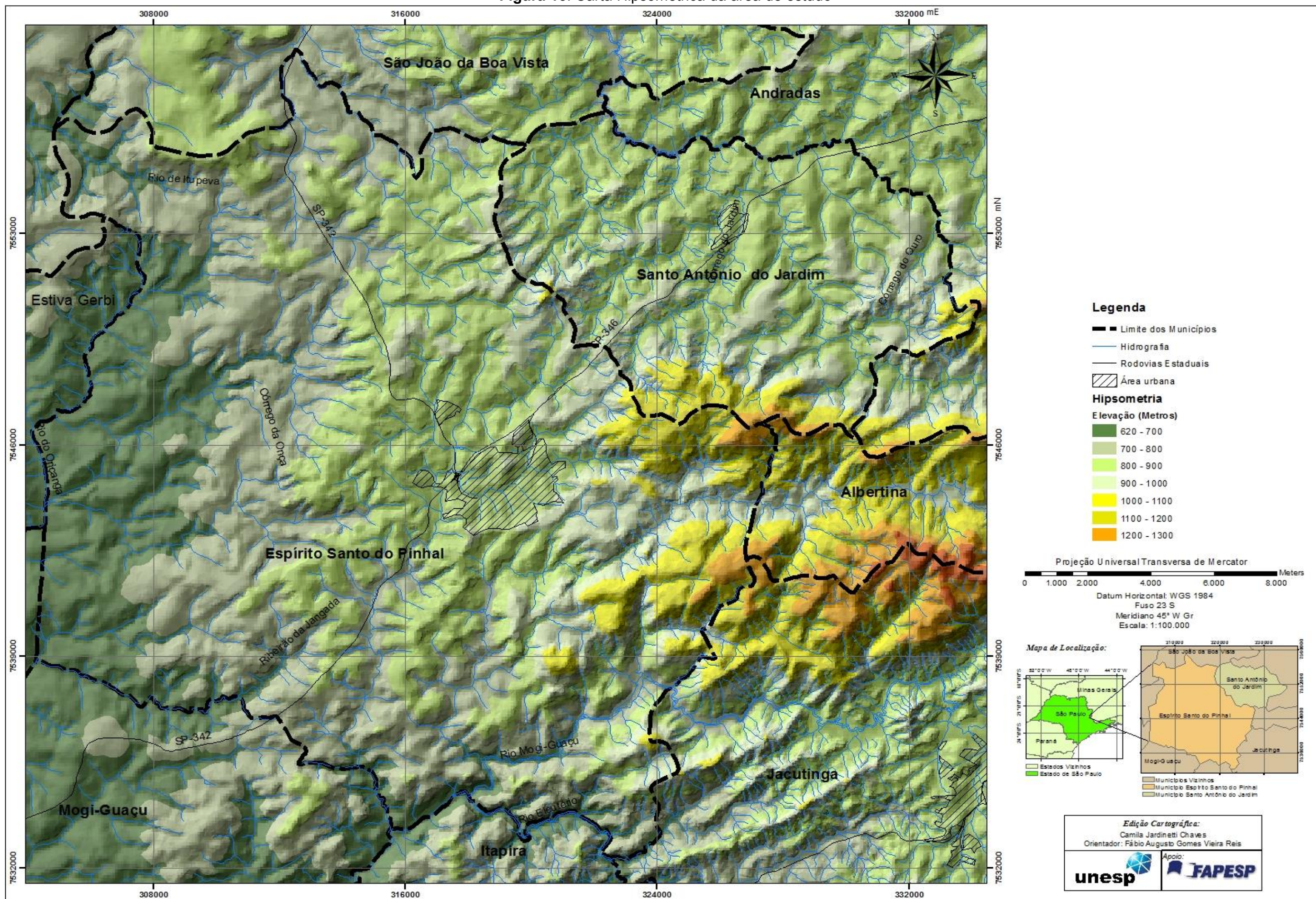
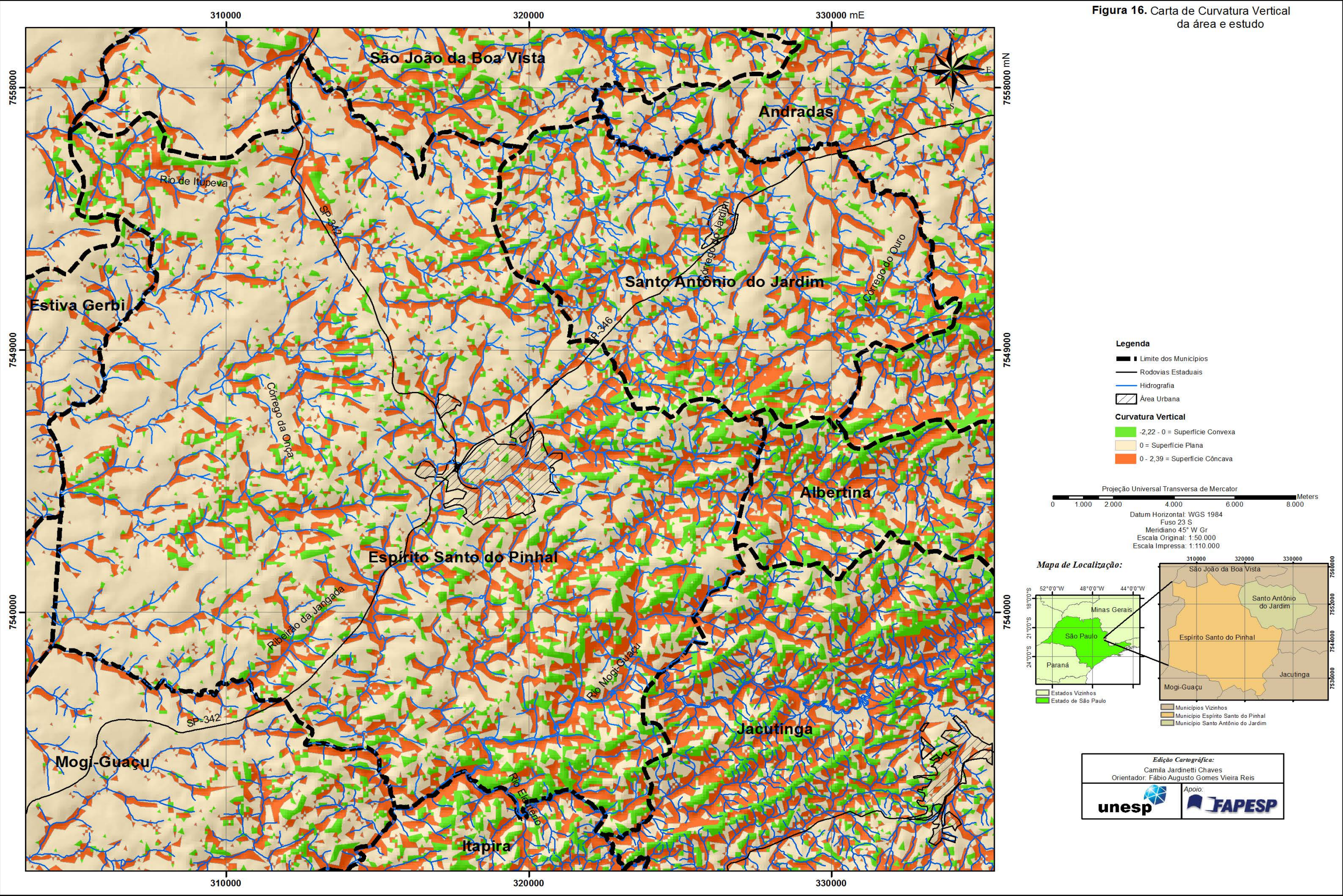


Figura 16. Carta de Curvatura Vertical da área e estudo



6.2. Carta de Unidades Fisiográficas

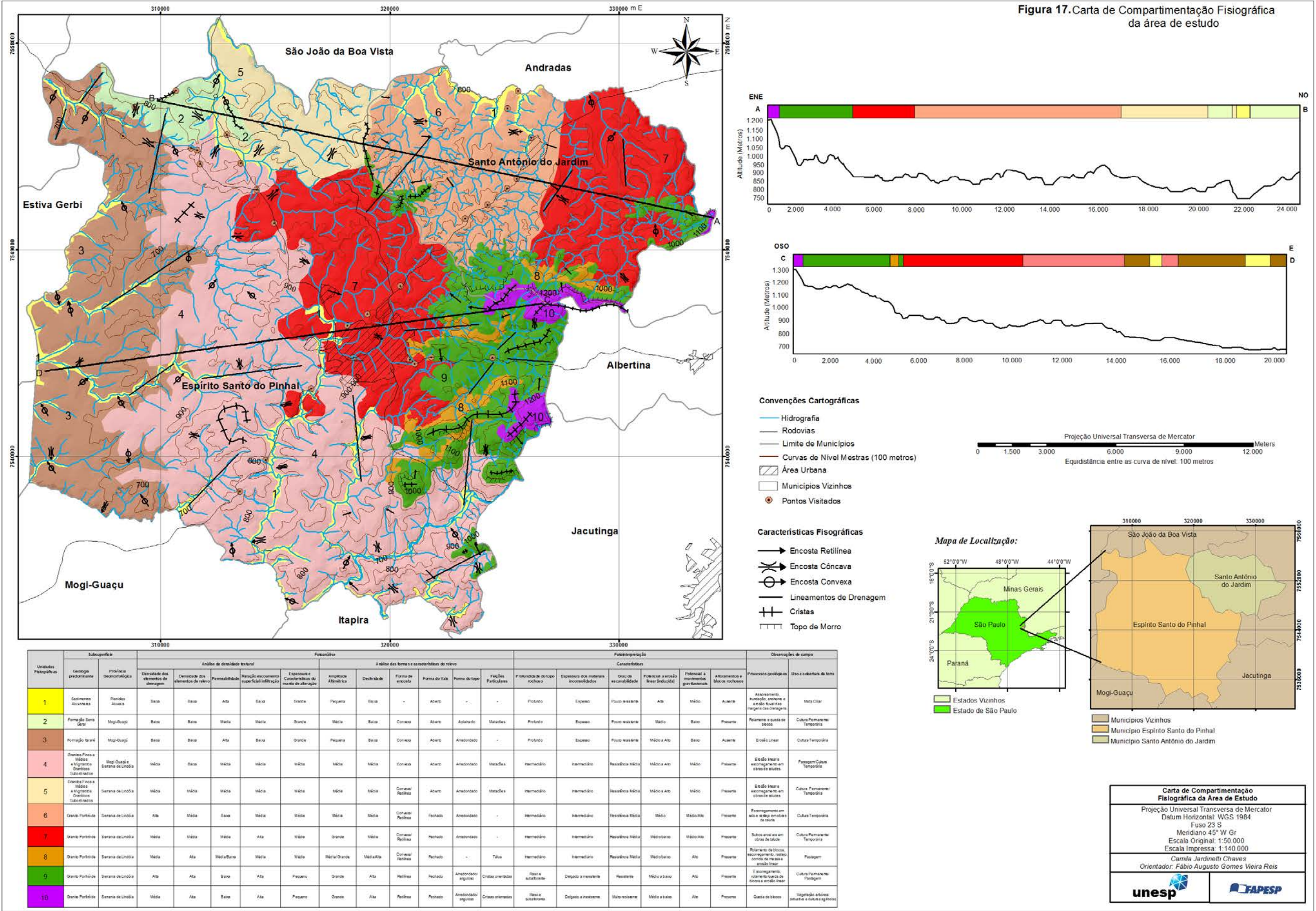
De início, foi realizada uma compartimentação preliminar em um MDET (Modelo Digital de Elevação do Terreno), onde se buscou a delimitação de zonas geomorfológicas, a primeira relacionada à Depressão Periférica (Zona do Mogi-Guaçu) e a segunda denominada de Planalto Atlântico (Zona da Serraria de Lindóia). Zona, nível taxonômico relacionado à forma de ocorrência dos elementos fisiográficos, quanto à variação tectono-estruturais e de idade geológica (VEDOVELLO; MATTOS, 1993).

- Zona do Mogi-Guaçu: este compartimento topográfico deprimido representa as séries sedimentares paleozoicas e mesozoicas localizadas estratigraficamente embaixo dos derrames basálticos do noroeste paulista, onde existe a presença de descontínuas intrusões de diabásio. Cujas feições geomorfológicas predominantes na área de estudo são as colinas médias e morrotes alongados e espigões.
- Zona da Serraria de Lindóia: relevo mais marcante, formado por rochas cristalinas, relacionado ao conjunto de rochas ígneas e metamórficas. Encontra-se especialmente na parte leste da área de estudo, alcançando altitudes de 1.300 metros na região serrana. Sendo que nas proximidades do seu limite com a Zona do Mogi-Guaçu, a topografia da Serraria de Lindóia apresenta-se com cotas de 800 metros, em direção a oeste. Sendo assim, a demarcação das formas de relevo não compreende exatamente a margem dessas duas províncias geomorfológicas (AZEVEDO; MASSOLI, 1984).

Em seguida as unidades fisiográficas foram delimitadas de acordo com a metodologia explicada no capítulo 5, sendo elas caracterizadas pelas informações obtidas a partir do processo de fotointerpretação e dos trabalhos de campo.

A (figura 17) representa a compartimentação fisiográfica da área de estudo na escala 1:50.000, pelo método lógico, que resultou em 10 unidades fisiográficas associadas as zonas do Mogi-Guaçu e da Serraria de Lindóia.

Figura 17. Carta de Compartimentação Fisiográfica da área de estudo



6.2.1. Unidade 1. Planície Aluvionar

A unidade fisiográfica 1, corresponde as planícies aluviais (várzeas), com cerca de 2.146 ha, presente na Depressão Periférica e também no Planalto Atlântico, são terrenos planos com forma alongada, localizados junto aos cursos d'água.

De acordo com o IPT (1981b), onde ocorre grande acúmulo de sedimentos inconsolidados, formado por depósitos aluviais, areias, argilas, cascalhos e conglomerados na base. São depósitos representados pelo Holoceno do Período Quaternário.

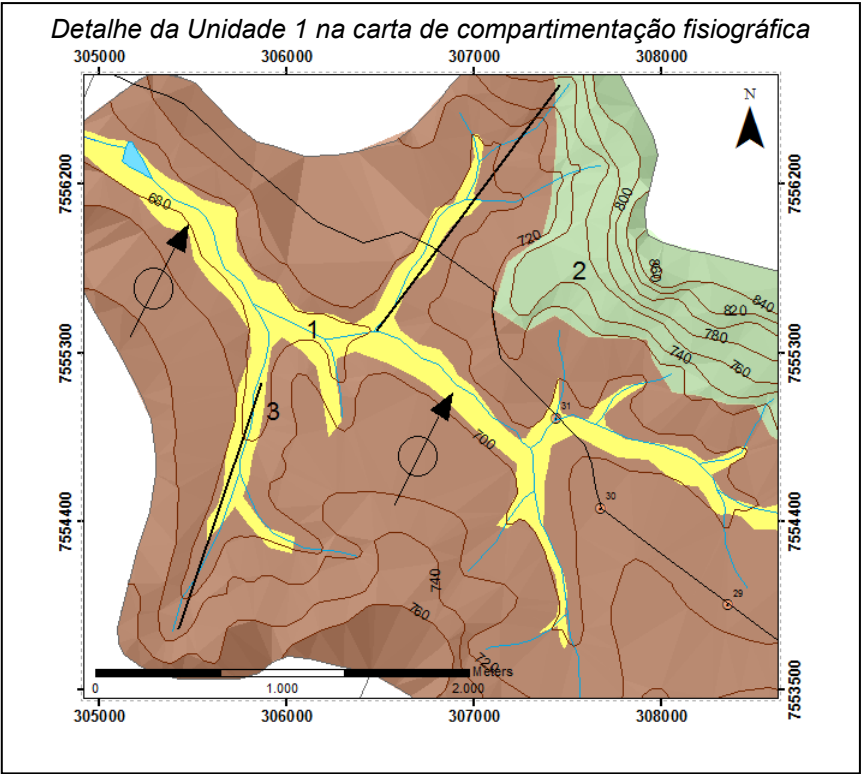
Os fundos de vales, por apresentarem baixa declividade, possuem escoamento superficial lento, permitindo que os sedimentos em suspensão se depositem no fundo do rio. Com isso, ocorre o aumento do assoreamento e a diminuição da profundidade da calha, favorecendo a inundação e até mesmo enchentes nos meses chuvosos. Inundações e enchentes associadas principalmente o ribeirão dos Porcos e o rio Jaguari Mirim, afetando áreas urbanas e rurais localizadas nas proximidades da planície aluvionar. Problemas mais graves quanto a esses fenômenos, correspondem à área urbana de Espírito Santo do Pinhal, pelo acúmulo de lixo sobre o ribeirão dos Porcos, provocando diversos prejuízos.

Esses processos acabam lançando sedimentos e nutrientes pela planície, tornando os solos dessa unidade férteis, favoráveis para o plantio. Caracterizam esse compartimento com intensa ocupação pelas atividades agrícolas e remanescentes de mata ciliar.

Através das cartas auxiliares elaboradas, foi possível interpretar esta unidade com declividades inferiores a 5%, elevações de 620 metros nas proximidades do ribeirão do Mota Pais ou dos Porcos e do rio Mogi Guaçu, já altitudes maiores de 820 metros na planície aluvionar do rio Jaguari-Mirim.

A prancha 1 compreende as imagens obtidas através das visitas de campo, onde constatou-se a presença de várias minerações de areia destinada a (construção civil) e argila (cerâmica vermelha) na planície do rio Jaguari Mirim. Atividade econômica que vem intensificando o processo de assoreamento, sendo que em alguns trechos desse rio, também pode ser observado a erosão fluvial, pelo curto comprimento do talude em relação à estrada.

PRANCHA 1: Caracterização da Unidade Fisiográfica 1



Vista da unidade 1 em meio às unidades 4 e 9



Mineração



Antiga área de mineração recuperada



Erosão Fluvial - recuo do talude do rio Jaguarí Mirim em relação à estrada



Vista para leste da Unidade 6 para a Unidade 1 Planície Aluvionar do Rio Jaguarí Mirim



Unidade Fisiográfica	Subsuperfície	Relevo	Fotoanálise											Fotointerpretação						Observações de campo	
			Análise da densidade textural					Análise das formas e características do relevo						Características geológico-geotécnicas						Processos geológicos	Uso e cobertura da terra
			Densidade de drenagem	Densidade dos elementos de relevo	Relação escoamento superficial/infiltração	Espessura e características do manto de alteração	Amplitude altimétrica	Declividade	Forma de encosta	Forma do vale	Forma do topo	Feições Particulares	Profundidade do topo rochoso	Permeabilidade	Espessura dos materiais inconsolidados	Grau de escavabilidade	Potencial a erosão linear (induzida)	Potencial a movimentos gravitacionais	Afloramentos e Blocos Rochosos		
Unidade 1	Planícies Aluviais	Planícies Aluvionares	Baixa	Baixa	Baixa	Grande	Pequena	Baixa	--	Aberto	--	--	Profundo	Alta	Espesso	Pouco resistente	Alta	Média	Ausente	Assoreamento, Inundação, enchente e erosão fluvial das margens das drenagens.	Mata Ciliar

6.2.2. Unidade 2. Intrusões básicas em relevo de morros e morrotes

A unidade 2 está localizada a oeste do município de Espírito Santo do Pinhal, com cerca de 1.300 ha, onde de acordo com Azevedo; Massoli (1984), essas porções estão sobrelevadas em relação às duas províncias geomorfológicas, pois encontra-se no limite da Depressão Periférica com o Planalto Atlântico.

Unidade constituída por diabásios do Cretáceo Inferior, sob a forma de “sills” ou diques, rochas ígneas compostas por minerais de baixa resistência a decomposição, sendo intrusivas em outras rochas preexistentes (a Formação Itararé e nos Granitos Finos a Médios e Migmatitos Graníticos Subordinados do Complexo Varginha). Nos topos morros e morrotes, os perfis de alteração do solo são profundos, enquanto que, nas porções de média encosta o perfil de alteração são menos espessos com a presença de solos coluvionares (IPT, 1981b).

A partir das visitas de campo, foi verificado rochas com textura normalmente relacionada às rochas vulcânicas, denominadas de afanítica, onde há a presença do Latossolo Vermelho (favorável ao desenvolvimento agrícola), argilosos de alteração e coluvionares presentes no sópe.

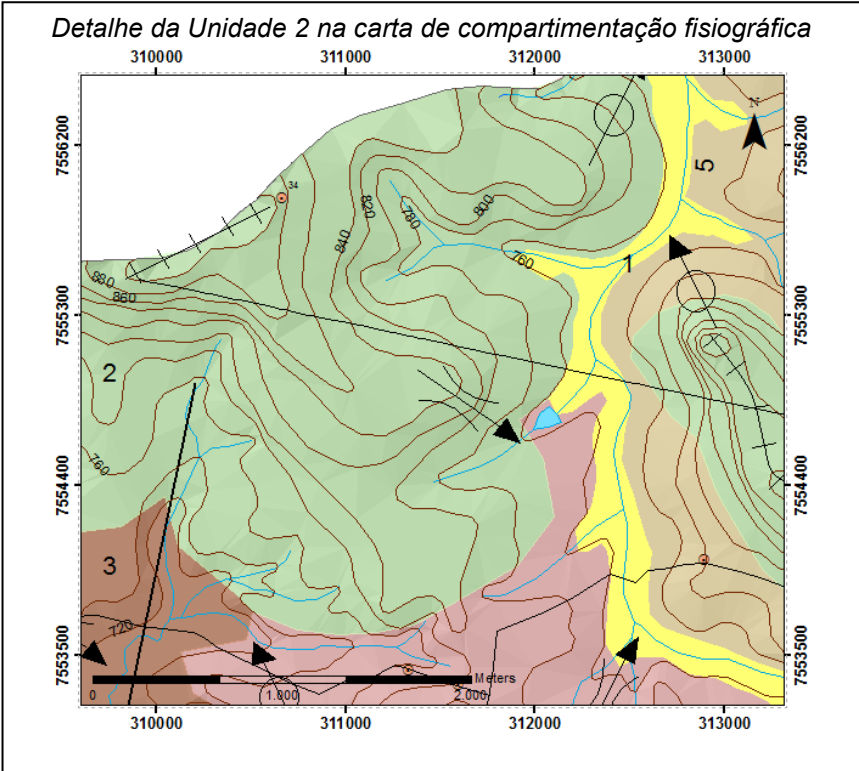
Sobre os pontos observados nessa unidade, destaca-se a ocupação exclusivamente rural, com o predomínio de propriedades que cultivam o eucalipto, café e também da cana-de-açúcar.

No processo fotointerpretativo, essa unidade apresentou relevo pouco acidentado, formado por colinas médias, com baixas declividades que podem chegar até 15%, amplitude altimétrica que ultrapassam os 100 metros, topos extensos e aplainados que chegam aos 910 metros, sendo que terrenos com menores cotas aproximam-se dos 760 metros. Baixa densidade de drenagem, com escoamento superficial de intensidade média, devido às características do relevo e a baixa permeabilidade dos solos.

Algumas dessas características, interpretadas de acordo com as imagens de satélite e observadas em campo, são apresentadas na (figura19).

Figura 19. Caracterização da unidade 2

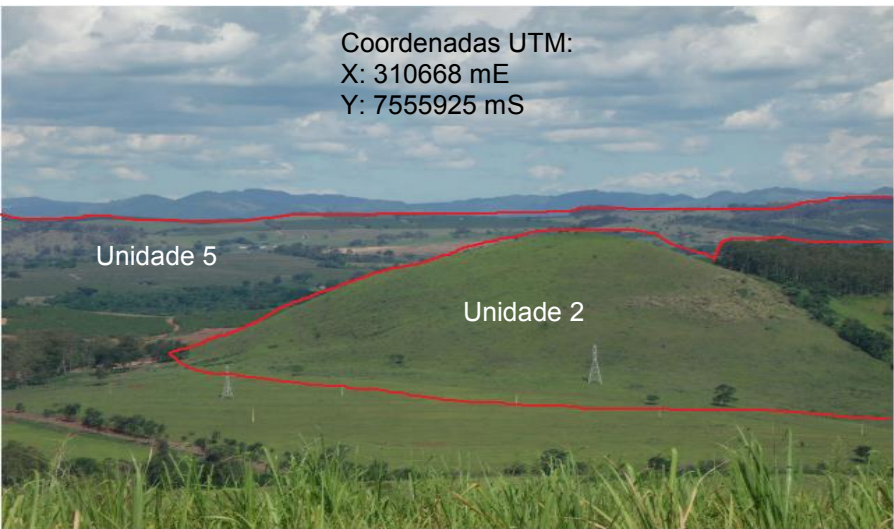
PRANCHA 2: Caracterização da Unidade Fisiográficas 2



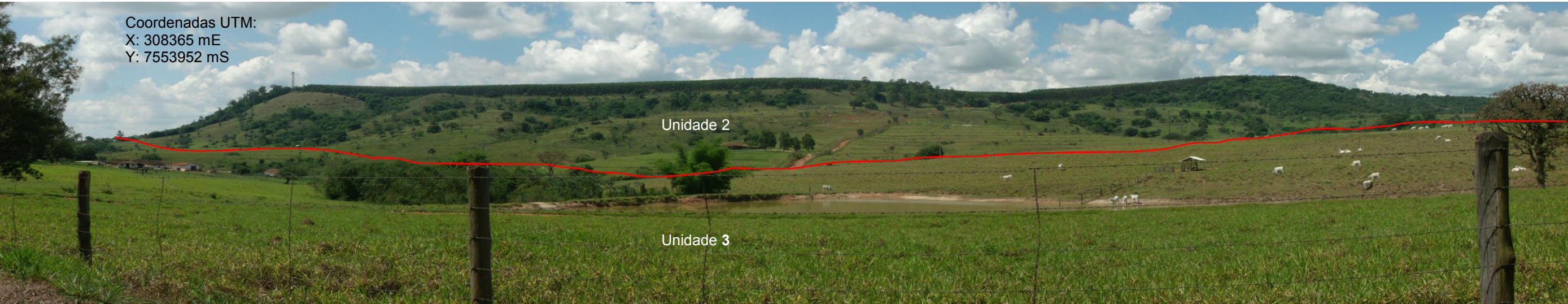
Vista da unidade 3 para a unidade 2.



Unidade 2 em meio à unidade 5.



Detalhe para o relevo de colinas amplas com a presença da cultura permanente sobre o topo do compartimento 2.



Unidade Fisiográfica	Subsuperfície		Relevo	Fotoanálise											Fotointerpretação						Observações de campo	
				Análise da densidade textural					Análise das formas e características do relevo						Características geológico-geotécnicas						Processos geológicos	Uso e cobertura da terra
				Densidade de drenagem	Densidade dos elementos de relevo	Relação escoamento superficial/infiltração	Espessura e características do manto de alteração	Amplitude altimétrica	Declividade	Forma de encosta	Forma do vale	Forma do topo	Feições Particulares	Profundidade do topo rochoso	Permeabilidade	Espessura dos materiais inconsolidados	Grau de escavabilidade	Potencial a erosão linear (induzida)	Potencial a movimentos gravitacionais	Afloramentos e Blocos Rochosos		
Unidade 2	Formação Serra Geral	Diábasio	Morros e Morrotes	Baixa	Baixa	Média	Grande	Média	Baixa	Convexa	Aberto	Aplainado	Matações	Profundo	Média	Espesso	Pouco resistente	Médio	Baixo	Presente	Rolamento e queda de blocos	Cultura Permanente

6.2.3. Unidade 3. Grupo Itararé em relevo de colinas médias

Esta unidade, inserida basicamente na Zona do Mogi-Guaçu, corresponde ao Permo Carbonífero, com uma área aproximada de 8.000 ha, composto por arenitos finos a grosseiros e siltitos do Grupo Itararé, com depósitos de sedimentos predominantemente clásticos, formados em ambientes distintos (IPT, 1981b). Ao norte ela se limita aos diabásios em relevo colinoso e a leste aos granitos e migmatitos subordinados, essencialmente em relevo de morros.

De acordo com as observações em campo, ocorrem à intercalação de arenitos e argilitos de matriz argilosa, solos areno-siltosos de granulometria fina a média e coloração vermelha, com boa capacidade de suporte do terreno, onde os perfis de alteração exibem espessura profunda.

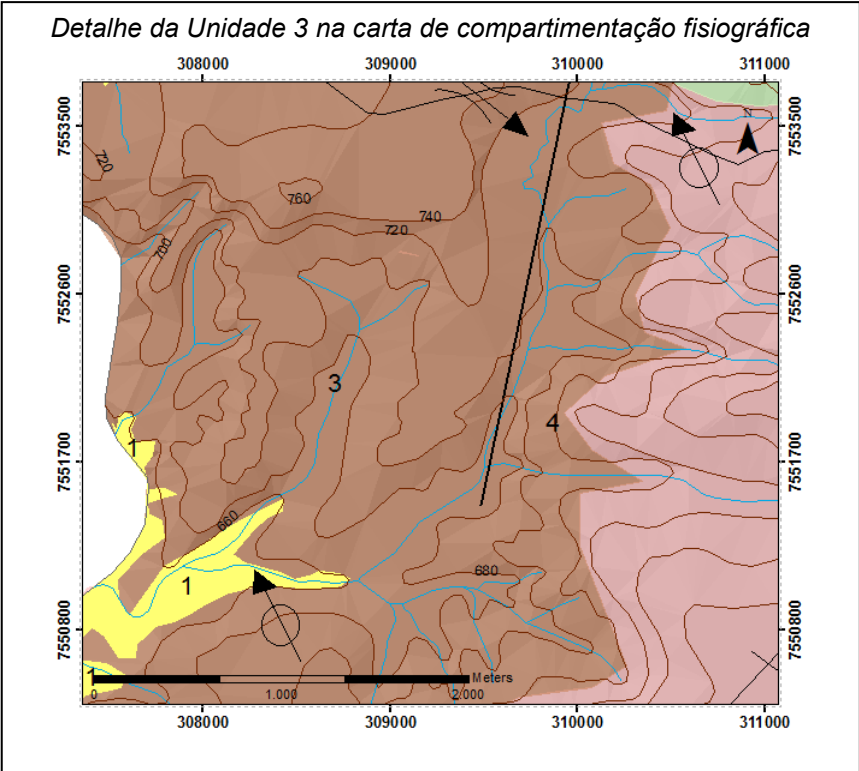
Quanto ao uso do solo, a unidade 3 é intensamente ocupada pelas atividades agrícolas, onde se observou a tendência pela cultura temporária (cultivo de cana-de-açúcar) e agricultura de subsistência. Sendo que em alguns trechos do compartimento 3 a cultura permanente também é desenvolvida.

As interpretações das imagens orbitais apontam essa unidade com vales fechados e a predominância de declividades consideradas baixas (em torno de 5%), amplitudes locais pequenas, sendo inferiores a 100 metros e topos angulosos a achatados. Descrições que caracterizam esta unidade com baixa velocidade do escoamento superficial da água e permeabilidade alta.

A (figura 20), representa algumas características a partir de uma tabela de síntese junto às imagens obtidas em campo.

Figura 20. Caracterização da unidade 3

PRANCHA 3: Caracterização da Unidade Fisiográfica 3



Vista da unidade 3 para a unidade 2



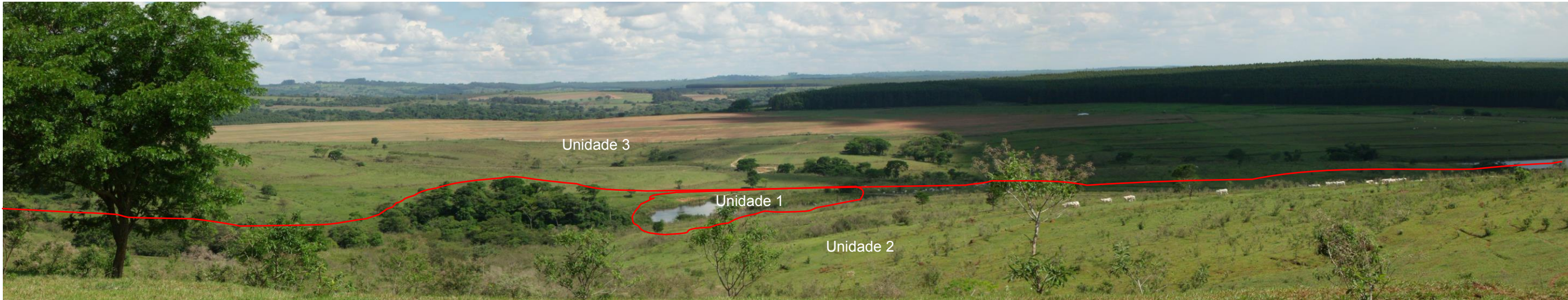
Solos areno-siltosos de granulometria fina a média e coloração vermelha



Vista da unidade 3 para sul



Detalhe para presença de culturas temporárias e permanentes na unidade 3



Unidade Fisiográfica	Subsuperfície		Relevo	Fotoanálise											Fotointerpretação						Observações de campo	
				Análise da densidade textural					Análise das formas e características do relevo						Características geológico-geotécnicas							
				Densidade de drenagem	Densidade dos elementos de relevo	Relação escoamento superficial/infiltração	Espessura e características do manto de alteração	Amplitude altimétrica	Declividade	Forma de encosta	Forma do vale	Forma do topo	Feições Particulares	Profundidade do topo rochoso	Permeabilidade	Espessura dos materiais inconsolidados	Grau de escavabilidade	Potencial a erosão linear (induzida)	Potencial a movimentos gravitacionais	Afloramentos e Blocos Rochosos	Processos geológicos	Uso e cobertura da terra
Unidade 3	Grupo Itararé	Arenitos	Colinas Médias	Baixa	Baixa	Baixa	Grande	Pequena	Baixa	Convexa	Aberto	Arredondado	-	Profundo	Alta	Espesso	Pouco resistente	Médio a Alto	Baixo	Ausente	Erosão linear	Cultura Temporária

6.2.4. Unidade 4. Granitos finos a médios e migmatitos subordinados em relevo de morros

A unidade fisiográfica 4, ocorre na porção central da área de estudo e, está inserida principalmente no contexto geomorfológico da Zona da Serraria de Lindóia. Nesta há a ocorrência de rochas do Complexo Migmatítico-Granítico, com cerca de 18.000 ha.

Com grande concentração de matacões (bloco de rochas resistentes), a unidade 4 é formada por rochas do tipo Migmatito Porfiróide, muito alterada. Sendo que nas proximidades desta com os compartimentos 2 e 5, os vales estão encaixados em relevo mais suave de colinas e morros. Onde há resquício de Granito grosseiro muito alterado, com veio/fratura vertical de (feldspato e quartzo). Solo residual silto argiloso com perfil profundo de alteração.

Dentre os pontos observados, constatou-se escorregamento circular e área de risco, onde a inclinação da árvore demonstra indícios de rastejo. São processos que podem ocasionar à obstrução da rodovia Governador Doutor Adhemar Pereira de Barros.

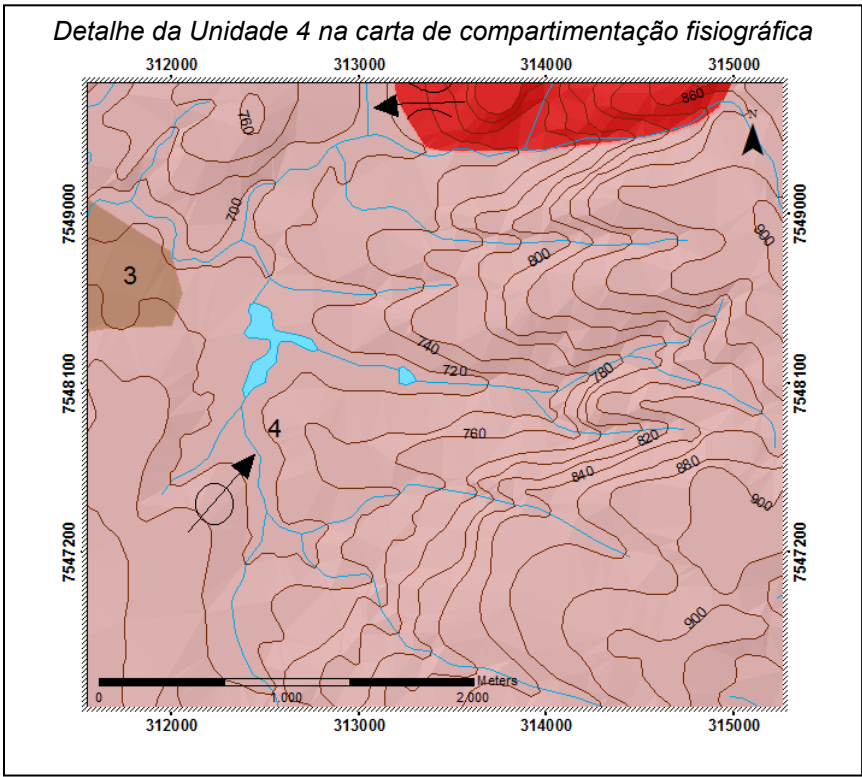
Quanto ao uso da terra, destaca-se a pastagem, em seguida as culturas temporárias pela baixa densidade dos elementos de relevo, facilitam a utilização da mecanização e, algumas áreas adotadas para o cultivo do café.

No processo fotointerpretativo, essa unidade apresentou encostas convexas, topos extensos e arredondados, declividades médias de (15% a 20%) e média amplitude altimétrica local (200 metros), caracterizam a drenagem com densidade média e vales abertos a fechados.

Algumas das características da unidade 4 podem ser observadas na prancha 4 da (figura 21).

Figura 21. Caracterização da unidade 4

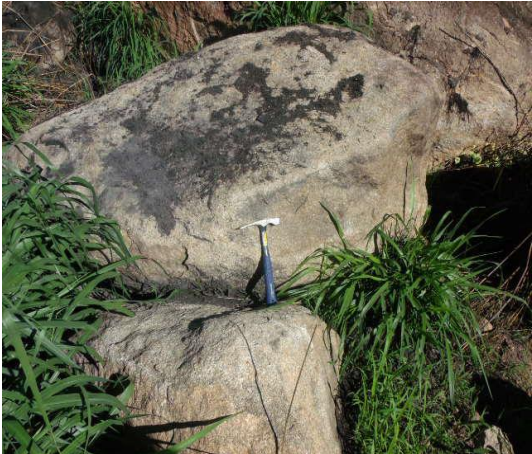
PRANCHA 4: Caracterização da Unidade Fisiográfica 4



Vista para oeste da unidade 4 – campo de matacões (presença de blocos de rocha).



Matacões



Vista para leste da unidade 4 (talude da rodovia SP-342). Onde houve escorregamento circular.



Vista para leste da unidade 4 (talude da Rodovia SP-342). Área de risco, sinais de rastejo



Solo de alteração de Migmatitos



Solo argiloso com fragmento grosseiro de quartzo e feldspato



Vista para oeste, da unidade 4 para a unidade 3.



Unidade Fisiográfica	Subsuperfície		Relevo	Fotoanálise										Fotointerpretação						Observações de campo		
				Análise da densidade textural					Análise das formas e características do relevo					Características geológico-geotécnicas								
				Densidade de drenagem	Densidade dos elementos de relevo	Relação escoamento superficial/infiltração	Espessura e características do manto de alteração	Amplitude altimétrica	Declividade	Forma de encosta	Forma do vale	Forma do topo	Feições Particulares	Profundidade do topo rochoso	Permeabilidade	Espessura dos materiais inconsolidados	Grau de escavabilidade	Potencial a erosão linear (induzida)	Potencial a movimentos gravitacionais	Afloramentos e Blocos Rochosos	Processos geológicos	Uso e cobertura da terra
Unidade 4	Complexo Pinhal	Granitos finos a médios e migmatitos graníticos subordinados	Morros e morrotes	Média	Baixa	Média	Média	Média	Média	Convexa	Aberto a fechado	Arredondado	Matacões	Intermediário	Média	Intermediário	Resistência média	Médio a Alto	Médio	Presentes	Erosão linear, escorregamentos em obras de taludes.	Pastagem e cultura temporária

6.2.5. Unidade 5. Complexo Migmatítico-Granítico em relevo de morros paralelos

A unidade fisiográfica 5 se distribui ao norte da área de estudo, na Zona da Serraria de Lindóia. São em torno de 2.700 ha, formado por rochas pré-cambrianas do Complexo Migmatítico-Granítico, com granitos finos a médios (IPT, 1981b).

Na superfície desta unidade, ocorrem blocos rochosos e solos arenosos e areno-siltosos de granulometria média a grossa. Solos designados especialmente para as culturas permanentes e pelas pastagens, já que, a presença de matações dificulta o uso da mecanização.

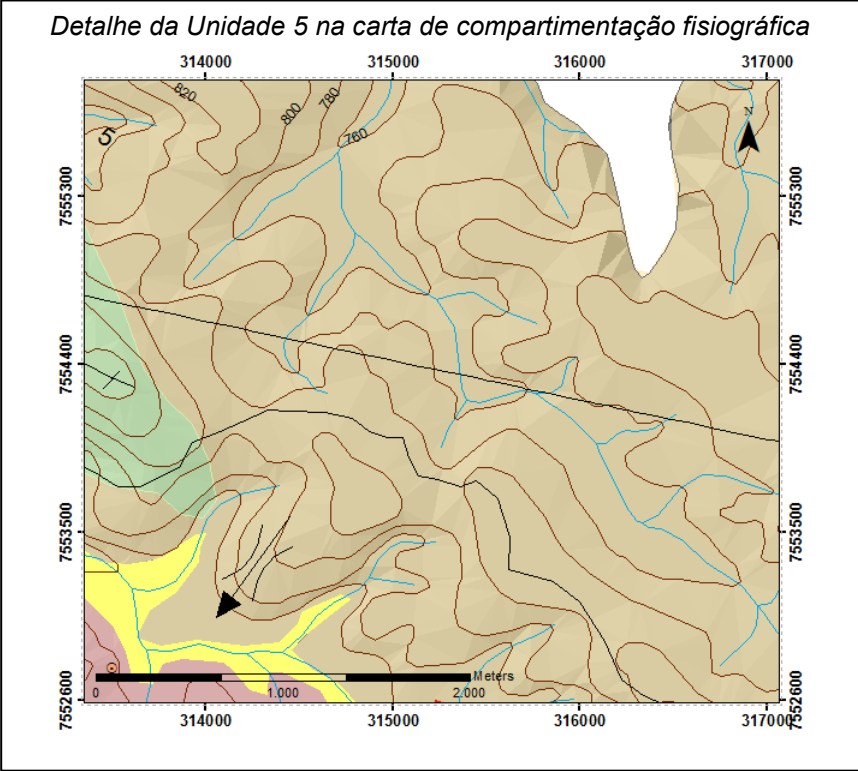
Lagrotti (2000), destaca que nessa região, ocorre o uso intensivo dos meios de produção agrícola da cafeicultura tradicional e também da pecuária leiteira, que acabam ocasionando impactos ambientais associados basicamente a falta de cobertura natural e o mau manejo das pastagens.

Fisiograficamente, o relevo é formado por morros paralelos com topos arredondados e aplainados, vertentes com perfis convexos a retilíneos, amplitude altimétrica média (cerca de 200 metros) e declividades médias que ultrapassam os 15%. Sua drenagem apresenta densidade média, com planícies aluvionares interiores restritas.

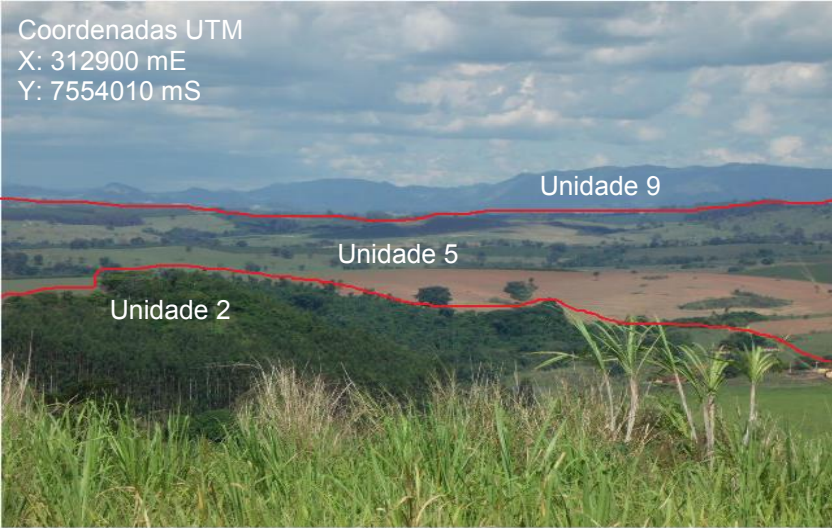
A prancha 5 da (figura 22), representa as principais características interpretadas no compartimento 5.

Figura 22. Caracterização da unidade 5

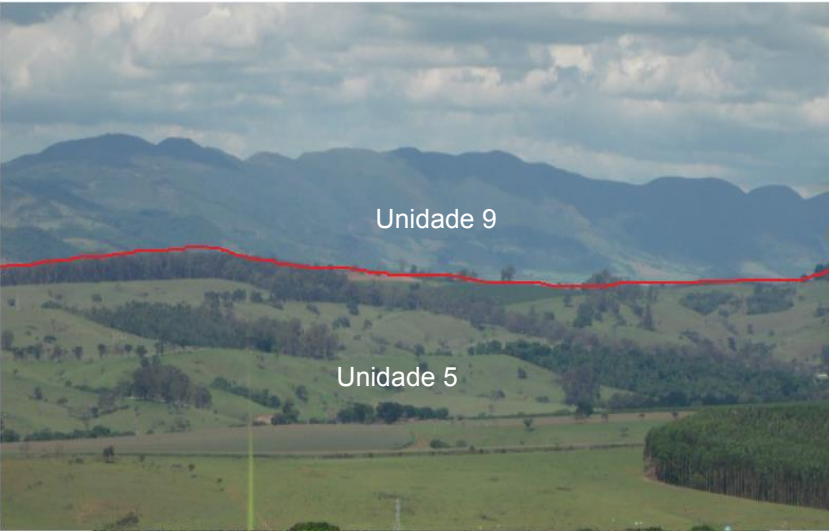
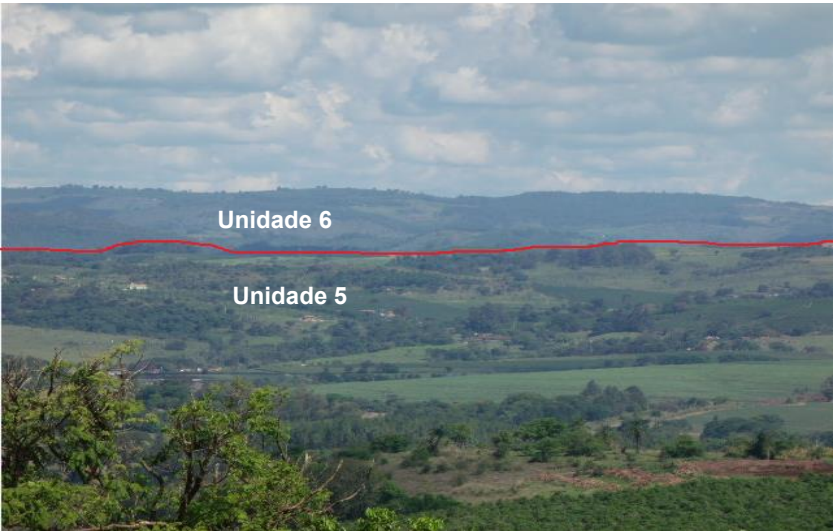
PRANCHA 5: Caracterização da Unidade Fisiográfica 5



Presença de culturas temporárias nas proximidades do limite entre Espírito Santo do Pinhal e São João da Boa Vista.



Vista da unidade 5 para a unidade 6.



Detalhe para a mudança do relevo de morros paralelos (unidade fisiográfica 5) para o relevo de morros com serras restritas representado pelo (compartimento 9)



Vista para leste. Compartimento 5 em meio as unidades 2 e 9.

Unidade Fisiográfica	Subsuperfície		Relevo	Fotoanálise											Fotointerpretação						Observações de campo	
				Análise da densidade textural					Análise das formas e características do relevo						Características geológico-geotécnicas						Processos geológicos	Uso e cobertura da terra
				Densidade de drenagem	Densidade dos elementos de relevo	Relação escoamento superficial/infiltração	Espessura e características do manto de alteração	Amplitude altimétrica	Declividade	Forma de encosta	Forma do vale	Forma do topo	Feições Particulares	Profundidade do topo rochoso	Permeabilidade	Espessura dos materiais inconsolidados	Grau de escavabilidade	Potencial a erosão linear (induzida)	Potencial a movimentos gravitacionais	Afloramentos e Blocos Rochosos		
Unidade 5	Complexo Pinhal	Granitos finos a médios e migmatitos graníticos subordinados	Morros Paralelos	Média	Média	Média	Média	Média	Média	Conve-xo/retilí-neo	Abertos	Arredondado	Matações	Intermediário	Média	Intermediário	Resistência média	Médio a Alto	Médio	Presentes	Erosão linear, escorregamentos em obras de taludes	Cultura permanente, temporária e pastagens

6.2.6. Unidade 6. Complexo Migmatítico-Granítico em relevo de mar de morros e paralelos

O compartimento 6 localiza-se no nordeste da área de estudo, com aproximadamente 5.000 ha, pertencente a Zona da Serraria de Lindóia. Possui migmatitos de injeção, subordinamente anatexitos e granitoides diversos, os solos são arenosos e areno-siltosos, com espessura média (IPT, 1981b).

Latossolo vermelho, onde em determinadas áreas o solo é de alteração mais profunda, sendo mais siltoso (quartzo) do que argiloso, e em outros pontos desta unidade o mesmo apresenta-se mais argiloso. Compartimento com vales mais encaixados, relevo suave, com escorregamento de solo e rastejo em obras de talude.

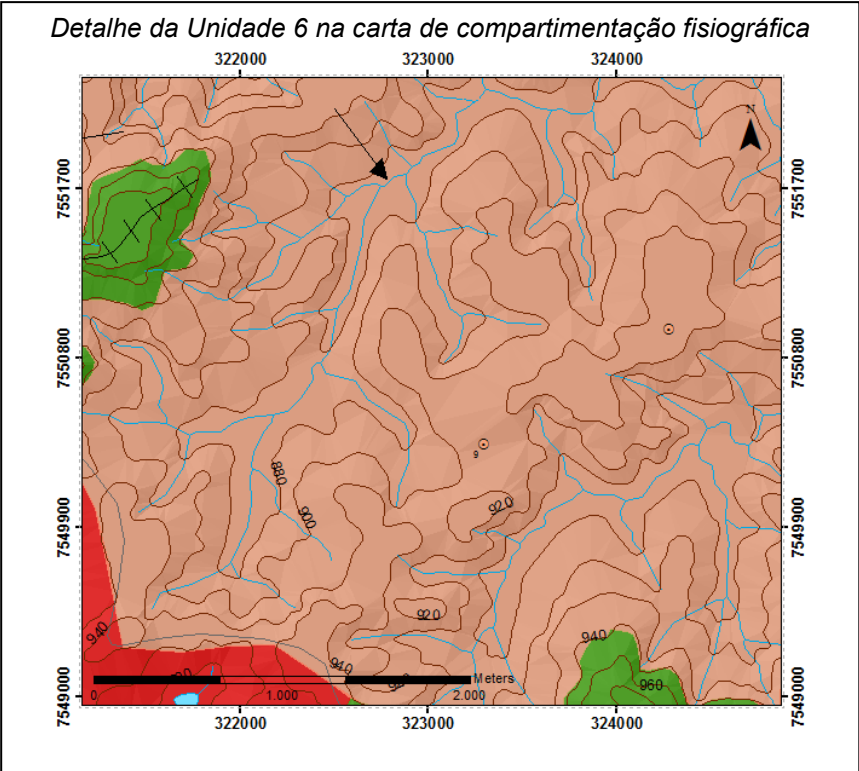
A ocupação nesta, é em parte pela área urbana de Sando Antônio do Jardim e também pela área rural, com propriedades que desenvolvem principalmente culturas temporárias, relacionada à cana-de-açúcar, entre outras atividades econômicas, também estão presentes às olarias nas proximidades da planície aluvionar do Rio Jaguari Mirim e as áreas com o plantio do café.

No processo fotointerpretativo a unidade 6, apresentou alta densidade de drenagem devido à baixa permeabilidade do terreno, relevo de mar de morros e paralelos com topos arredondados, vertentes convexas a retilíneas, amplitude local média, variando de 800 e 920 metros e declividades também médias de 15% a 20%.

A prancha 6, mostra algumas características apresentadas nesta unidade, de acordo com as interpretações realizadas nas imagens de satélite e dos pontos visitados.

Figura 23. Caracterização da unidade 6

PRANCHA 6: Caracterização da Unidade Fisiográfica 6



Solo superficial com intrusão de rochas alcalinas de pequena dimensão, utilizado como área de empréstimo.



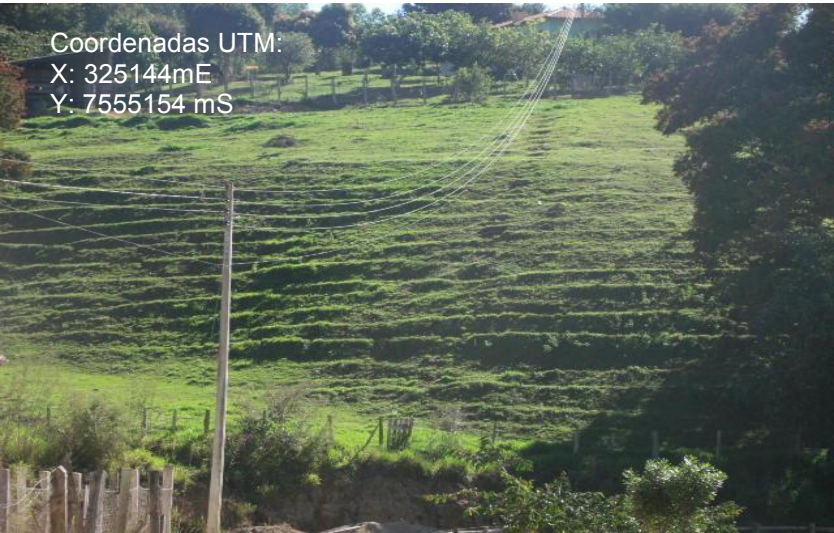
Solo de alteração de gnaiss de composição granítica.



Vista para norte. Próximo ao limite entre Santo Antônio do Jardim e São João da Boa Vista.



Indicações de processo de rastejo



Unidade Fisiográfica	Subsuperfície		Relevo	Fotoanálise											Fotointerpretação						Observações de campo	
				Análise da densidade textural					Análise das formas e características do relevo						Características geológico-geotécnicas						Processos geológicos	Uso e cobertura da terra
				Densidade de drenagem	Densidade dos elementos de relevo	Relação escoamento superficial/ infiltração	Espessura e características do manto de alteração	Amplitude altimétrica	Declividade	Forma de encosta	Forma do vale	Forma do topo	Feições Particulares	Profundidade do topo rochoso	Permeabilidade	Espessura dos materiais inconsolidados	Grau de escavabilidade	Potencial a erosão linear (induzida)	Potencial a movimentos gravitacionais	Afloramentos e Blocos Rochosos		
Unidade 6	Complexo Pinhal	Granitos Porfíróides	Mar de morros	Alta	Média	Média	Média	Média	Média	Côncava-retilínea	Fechado	Arredondado	-	Intermediário	Baixa	Intermediário	Resistência média	Médio	Médio/alto	Presentes	Escorregamento em solo e rastejo em obras de talude	Cultura temporária, permanente e pastagem.

6.2.7. Unidade 7. Granito Porfiróide em relevo de morros

A unidade 7 se distribui em porções localizadas a nordeste e centro da área de estudo, com cerca de 10.000 ha, na Zona da Serraria de Lindóia. Nesta unidade ocorrem granitos e granitoides polidiapíricos, com predominância de termos porfiríticos, contendo granulações variadas (IPT, 1981b).

Além da rocha granítica com sulcos erosivos, nas proximidades da área urbana de Espírito Santo do Pinhal, também estão presentes os Migmatitos bastante alterados, sendo que essas rochas são híbridas e apresentam feições tanto magmáticas com predomínio de cores claras, constituídas por quartzo e feldspato, quanto por feições metamórficas, composta por grande quantidade de minerais ferromagnesianos com coloração escura. Quanto aos solos, esses apresentam perfil profundo de alteração, sendo siltoso com grãos de quartzo.

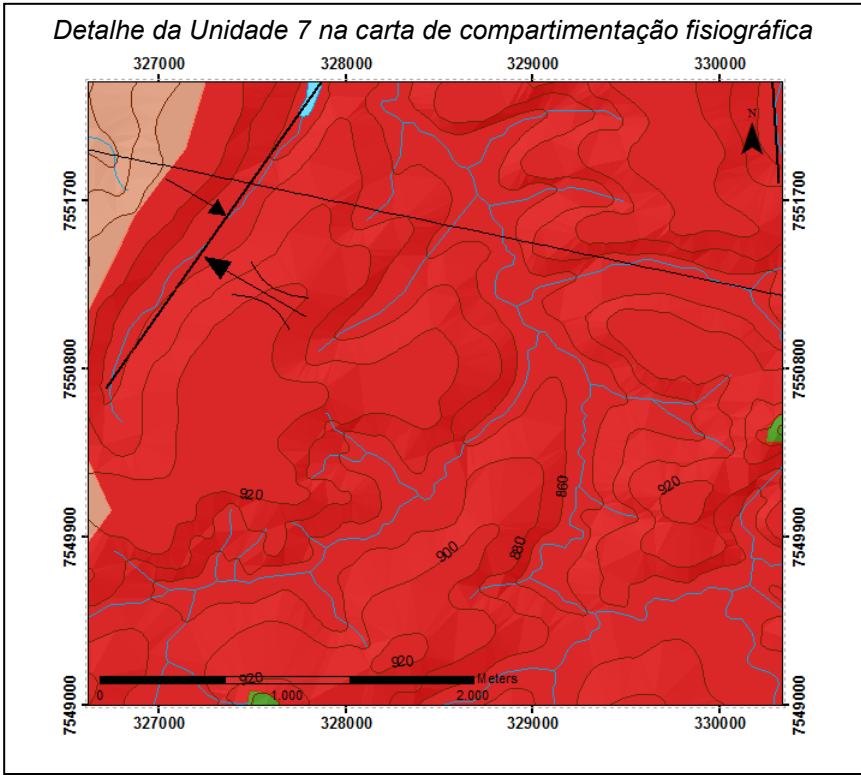
Na porção central da área de estudo, a unidade fisiográfica 7, é ocupada pela área urbana de Espírito Santo do Pinhal e por propriedades rurais que cultivam o café e eucalipto. Sendo que na porção localizada no nordeste, existe o predomínio das culturas temporárias nas proximidades do Rio Jaguari-Mirim.

De acordo com a fotointerpretação, ocorrem morros com topos arredondados e serras restritas, amplitude altimétrica média (cerca de 200 metros), declividades acima de 15%. Caracterizam a drenagem de média a alta densidade e planícies aluvionares interiores restritas.

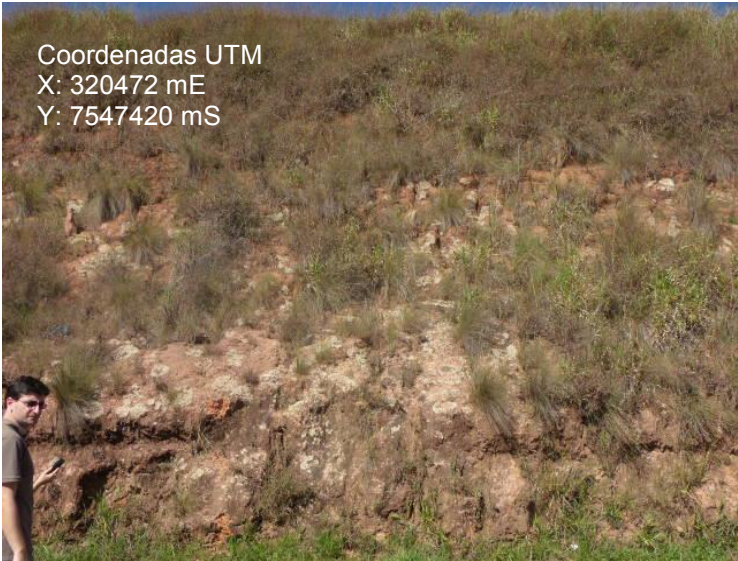
A prancha 7 apresenta as principais características verificadas nessa unidade de análise.

Figura 24. Caracterização da unidade 7

PRANCHA 7: Caracterização da Unidade Fisiográfica 7



Vista para leste da unidade 7. Sulcos erosivos no talude da rodovia SP-342



Linha de seixos na base – fragmentos de quartzo de veio



Vista para sul da unidade 7. Perfil de alteração profundo do solo siltoso com grão de quartzo



Vista para oeste da unidade 7. Área Urbana de Espírito Santo do Pinhal

Unidade Fisiográfica	Subsuperfície		Relevo	Fotoanálise											Fotointerpretação							Observações de campo	
				Análise da densidade textural					Análise das formas e características do relevo						Características geológico-geotécnicas							Processos geológicos	Uso e cobertura da terra
				Densidade de drenagem	Densidade dos elementos de relevo	Relação escoamento superficial/ infiltração	Espessura e características do manto de alteração	Amplitude altimétrica	Declivida- de	Forma de encosta	Forma do vale	Forma do topo	Feições Partícula- res	Profundidade do topo rochoso	Permeabili- dade	Espessura dos materiais inconsolida- dos	Grau de escavabili- dade	Potencial a erosão linear (induzida)	Potencial a movimentos gravitaciona- is	Afloramentos e Blocos Rochosos			
Unidade 7	Complexo Pinhal	Granitos Porfiríodes	Mar de morros com serras restritas	Meida	Médio	Alta	Média	Média	média	Convexos e retilíneos	Fechado	Arredon- dado	-	Intermediário	Média	Intermediário	Resistên- cia média	Médio a baixo	Médio/alto	Presentes	Sulcos erosivos em obras de talude	Cultura, permanente /temporária	

6.2.8. Unidade 8. Depósito de talús em encostas

A unidade 8, pertence à Zona da Serraria de Lindóia e corresponde às superfícies inclinadas, localizadas entre o relevo com topografia mais marcante da unidade 9 e as áreas com topografia mais suave dos compartimentos 4 e 7.

Resultado do transporte por gravidade de blocos e areias vindos do topo, os talús se depositam em encostas, sendo de material heterogêneo, geralmente com formato anguloso ou arredondado, tamanhos variados dispostos desordenadamente sobre o terreno.

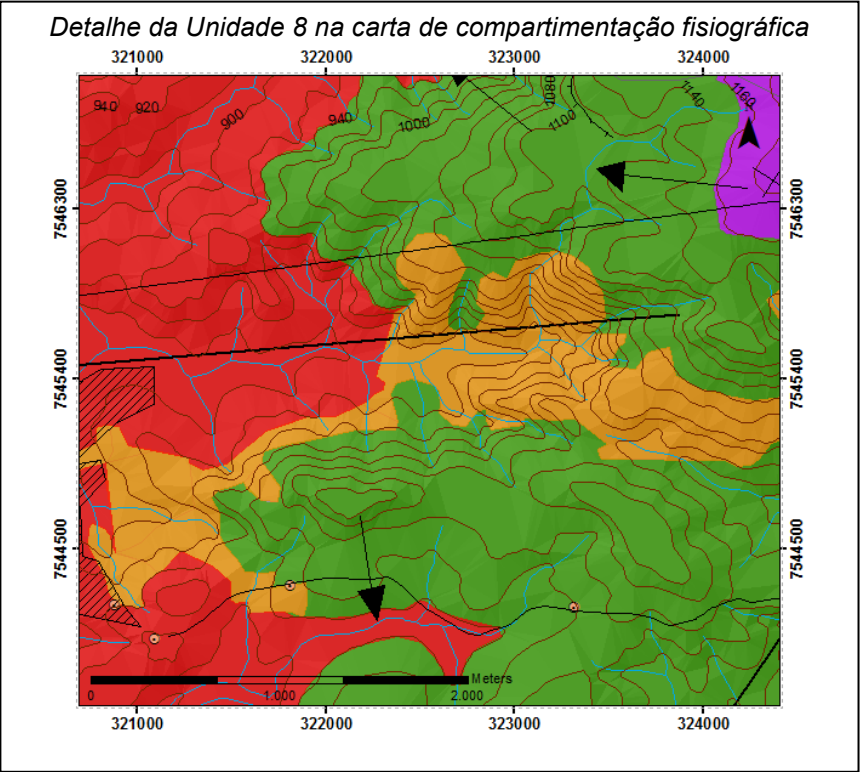
De acordo com as observações em campo e a interpretação das imagens de satélite, existem vários depósitos de talús presentes nas proximidades da área urbana de Espírito Santo do Pinhal, com risco de movimentos de massa devido à instabilidade desses blocos. O solo é coluvionar, seu perfil é raso, do tipo silto arenoso com fragmentos de rochas.

Esses depósitos ocorrem de forma descontínua na área de estudo, entre as cotas 740 a 1.200, declividade média (entre 15% a 20%), podendo chegar a 30% em áreas mais elevadas. As encostas foram classificadas sendo côncava-retilíneas e a drenagem de média a alta densidade.

A seguir, pode-se observar na (figura 25) com a caracterização da unidade fisiográfica 8.

Figura 25. Caracterização da unidade 8

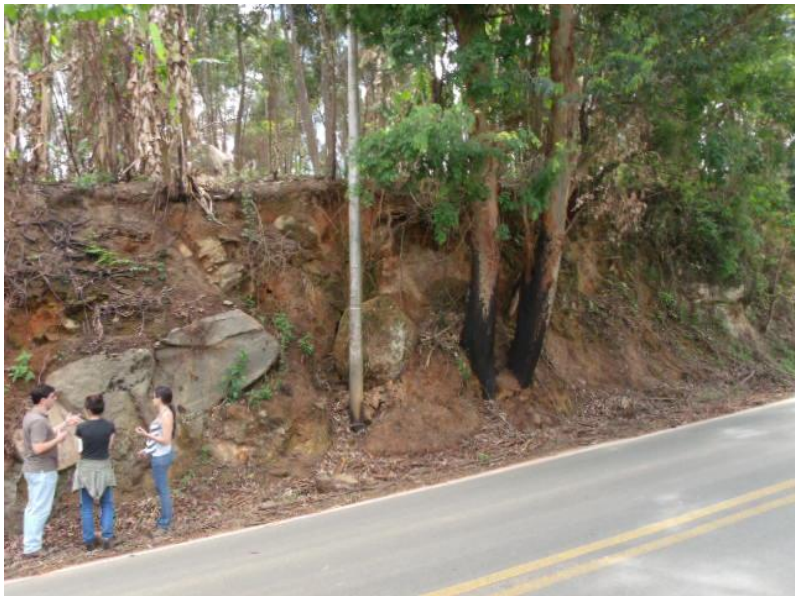
PRANCHA 8: Caracterização da Unidade Fisiográfica 8



Vista para nordeste da unidade 8. Depósito de Tálus próximo à área urbana de Espírito Santo do Pinhal.



Rodovia SP-020 (Espírito Santo do Pinhal (SP) – Albertina (MG)) sobre depósito de Tálus.



Fragmento rochoso.



Material heterogêneo em encosta.

Unidade Fisiográfica	Subsuperfície		Relevo	Fotoanálise											Fotointerpretação						Observações de campo	
				Análise da densidade textural					Análise das formas e características do relevo						Características geológico-geotécnicas						Processos geológicos	Uso e cobertura da terra
				Densidade de drenagem	Densidade dos elementos de relevo	Relação escoamento superficial/infiltração	Espessura e características do manto de alteração	Amplitude altimétrica	Declivida-de	Forma de encosta	Forma do vale	Forma do topo	Feições Particulares	Profundidade do topo rochoso	Permeabili-dade	Espessura dos materiais inconsolidados	Grau de escavabili-da-de	Potencial a erosão linear (induzida)	Potencial a movimentos gravitaciona-is	Afloramentos e Blocos Rochosos		
Unidade 8	Complexo Pinhal	Granitos Porfiríoides	Mar de morros e serras restritas	Média	Alta	Média	Média	Média/grande	Média/alta	Côncava/retilínea	Fechado	-	Tálus	Intermediário	Média/baixa	Intermediário	Resistência média	Médio a baixo	Alto	Presentes	Rolamento de blocos, escorregamen-to, rastejo, corrida de massa e erosão linear	Pastagens

6.2.9. Unidade 9. Granito Porfiróide em relevo de morros com serras restritas

A unidade 9 está presente especialmente a leste da área de estudo, com aproximadamente 5.000 ha, Zona da Serraria de Lindóia.

As rochas dominantes neste terreno são os granitos porfiróides em cores rosadas, esbranquiçadas e acinzentadas, sua matriz comporta textura equigranular média a grosseira de composição quartzo-diorítica a granítica, são características constatadas por (AZEVEDO; MASSOLI, 1984).

Solo coluvionar silto arenoso com perfil de alteração grande, moderadamente profundos e depositados em rochas cristalinas como granitos e migmatitos de texturas e estruturas variadas, compõem a paisagem desta unidade. O principal processo geológico está relacionado à erosão linear, sendo que há diversas áreas de risco devido à inclinação de árvores e postes na Rodovia SP-020 (Espírito Santo do Pinhal (SP) – Albertina (MG)).

A ocupação nesta unidade é quase que exclusivamente rural com diversas pastagens e propriedades que cultivam principalmente lavouras de café.

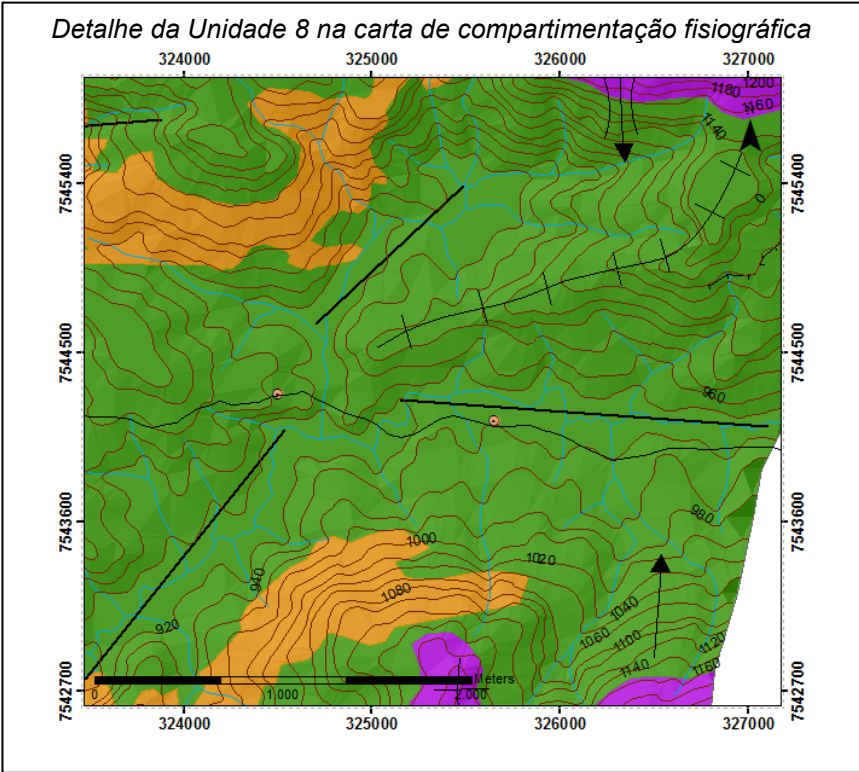
Na interpretação das imagens orbitais, a unidade 9, apresentou alta densidade de drenagem e de elementos do relevo, com várias nascentes sem vegetação protetora (substituídas pela cultura de café e outras de subsistência). A amplitude altimétrica local é grande, com 220 metros em áreas com cerca de 2 Km de extensão, variando de 940 a 1.160 metros e declividades que podem ser superiores a 30%.

As encostas foram classificadas como convexas a retilíneas, os vales fechados, topos arredondados e a presença de serras cristalinas.

A (figura 26) traz uma síntese das características fisiográficas desta unidade a partir das informações extraídas da fotointerpretação e das fotografias associadas aos trabalhos de campo.

Figura 26. Caracterização da unidade 9

PRANCHA 9: Caracterização da Unidade Fisiográfica 9



Vista para noroeste do compartimento 9. Erosão linear.



Área de risco a escorregamento em talude da rodovia São João da Boa Vista a Santo Antônio do Jardim



Vista da unidade 9 para nordeste.



Destaque para o predomínio de culturas permanentes.



Unidade Fisiográfica	Subsuperfície		Relevo	Fotoanálise											Fotointerpretação						Observações de campo	
				Análise da densidade textural					Análise das formas e características do relevo						Características geológico-geotécnicas						Processos geológicos	Uso e cobertura da terra
				Densidade de drenagem	Densidade dos elementos de relevo	Relação escoamento superficial/infiltração	Espessura e características do manto de alteração	Amplitude altimétrica	Declividade	Forma de encosta	Forma do vale	Forma do topo	Feições Particulares	Profundidade do topo rochoso	Permeabilidade	Espessura dos materiais inconsolidados	Grau de escavabilidade	Potencial a erosão linear (induzida)	Potencial a movimentos gravitacionais	Afloramentos e Blocos Rochosos		
Unidade 9	Complexo Pinhal	Granitos Porfíroides	Mar de morros com serras restritas	Alta	Alta	Baixa	Pequeno	Grande	Alta	Retilíneos	Fechado	Arredondado/anguloso	Cristas orientadas	Raso e subaflorante	Baixa	Delgado a inexistente	Resistente	Médio a baixo	Alto	Presentes	Escorregamento, rolamento/ queda de blocos e erosão linear	Cultura, permanente e pastagens

6.2.10. Unidade 10. Granito Porfiróide em topo de morros e serras restritas

Com cerca de 870 ha, a unidade fisiográfica 10, localiza-se a leste da área de estudo, também na Zona da Serraria de Lindóia. Corresponde as áreas que tem como seu substrato geológico os granitos porfiróide e migmatitos.

Nesta unidade os solos possuem textura arenosa com a presença variável de cascalho e afloramentos rochosos.

A partir do processo fotointerpretativo, foram classificados nessa unidade os topos de morros com serras restritas, por isso com alta densidade de elementos do relevo, possuindo média densidade de drenagem, e de amplitude altimétrica local (140 metros). Alta declividade, superiores a 30% e cotas que variam de 1.160 a 1.300 metros.

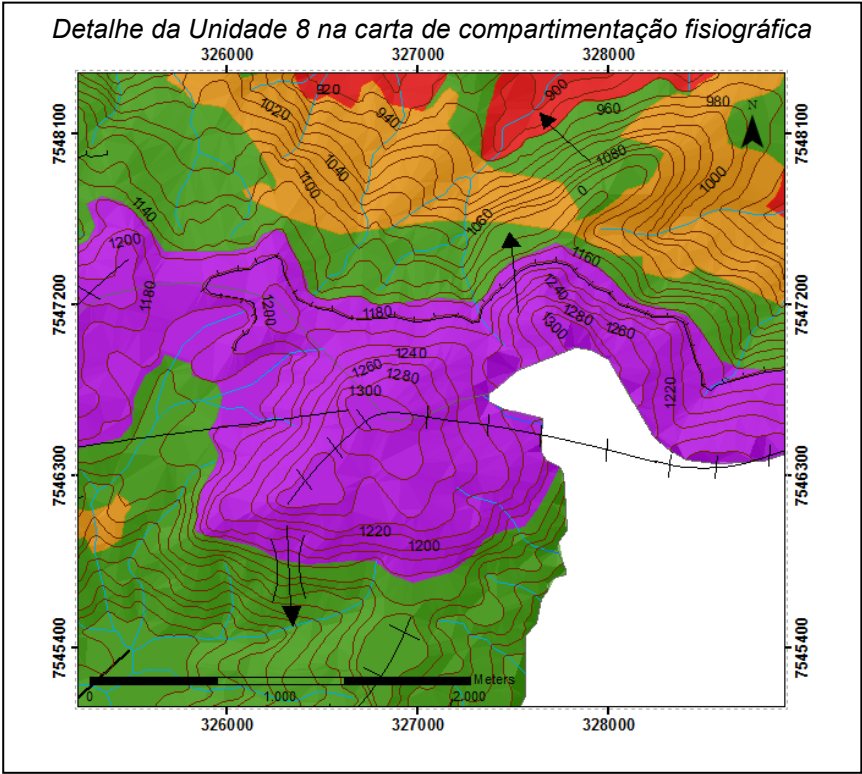
Presença de morros com topos arredondados, vertentes com perfil retilíneo mais íngreme e vales fechados.

Nesses topos estão presentes nascentes, com resquícios de vegetação natural, sendo uma unidade com ocupação voltada para o cultivo de culturas permanentes e pastagens.

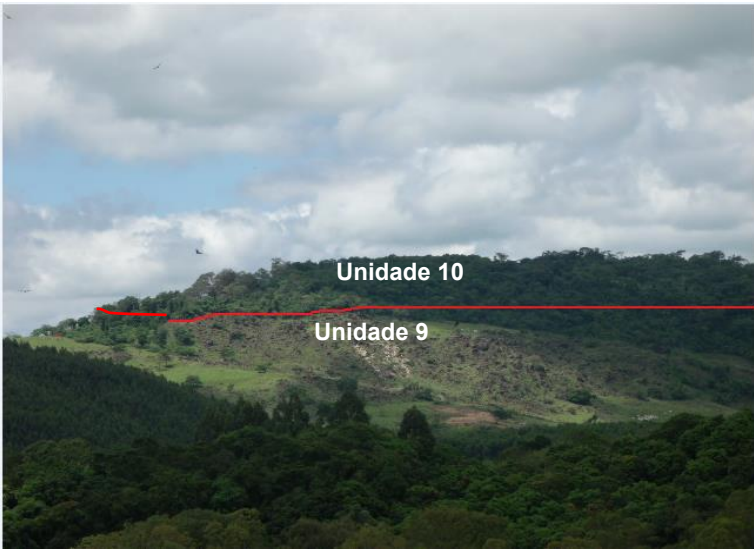
A prancha 10 sintetiza as principais informações da unidade fisiografica 10, apresentada a seguir:

Figura 27. Caracterização da unidade 10

PRANCHA 10: Caracterização da Unidade Fisiográfica 10



Unidade 10. Detalhe do limite entre os compartimentos e os blocos rochosos na unidade 9.



Vista pra leste. Morros com topos arredondados.



Topo de morro sem cobertura arbórea.

Vista para nordeste da unidade 10.



Unidade Fisiográfica	Subsuperfície		Relevo	Fotoanálise											Fotointerpretação						Observações de campo	
				Análise da densidade textural					Análise das formas e características do relevo						Características geológico-geotécnicas						Processos geológicos	Uso e cobertura da terra
				Densidade de drenagem	Densidade dos elementos de relevo	Relação escoamento superficial/ infiltração	Espessura e características do manto de alteração	Amplitude altimétrica	Declivida- de	Forma de encosta	Forma do vale	Forma do topo	Feições Particulares	Profundidade do topo rochoso	Permeabilidade	Espessura dos materiais inconsolida- dos	Grau de escavabili- de	Potencial a erosão linear (induzida)	Potencial a movimentos gravitacional- is	Afloramentos e Blocos Rochosos		
Unidade 10	Complexo Pinhal	Granitos Porfíroides	Topo de morros com serras restritas	Média	Alta	Alta	Pequeno	Grande	Grande	Retilínea	Fechado	Arredon- dado/ang- uloso	Cristas orientadas	Raso e sub aflorante	Baixa	Delgado	Muito resistente	Médio/ baixo	Alto	Presentes	Escorrega- mento e queda de blocos	Vegetação arbórea/ arbustiva e culturas agrícolas

6.3. Uso e Cobertura da Terra

O método de verificação da exatidão cartográfica da carta de uso e cobertura da terra da área de estudo, pode ser observado na (tabela 14), onde estão presentes os pontos verificados em campo, sua confirmação (s) quando classificado corretamente e (n) incorretamente e a proporção de pontos classificados corretamente a cada acréscimo de 1 ao tamanho amostral.

Tabela 14. Relação de pontos classificados em campo

Ponto	Coord. X	Coord. Y	Uso e cobertura da terra	Classificação correta	Proporção de pontos classificados corretamente a acréscimos de 1 ao tamanho da amostra
1	313468	7538455	Cultura temporária	S	1
2	314591	7539820	Vegetação Arbórea	S	1
3	316573	7542940	Cultura temporária	S	1
4	318422	7544276	Área Urbana	S	1
5	318165	7545681	Cultura temporária	S	1
6	319033	7546190	Pastagem	N	0,83
7	320471	7547419	Cultura temporária	S	0,85
8	323298	7550345	Café	S	0,87
9	324285	7550950	Café	S	0,88
10	325131	7551661	Cultura temporária	S	0,90
11	325561	7552096	Café	S	0,90
12	326186	7553886	Área Urbana	S	0,91
13	326191	7553893	Área Urbana	S	0,92
14	325144	7555153	Cultura temporária	S	0,92
15	325606	7555912	Cultura temporária	S	0,93
16	313503	7552771	Vegetação arbórea	S	0,93
17	314192	7551608	Café	S	0,94
18	314956	7550146	Pastagem	S	0,94
19	320880	7544206	Área urbana	S	0,94
20	321095	7544024	Eucalipto	S	0,95
21	321818	7544310	Pastagem	S	0,95
22	324500	7544278	Café	S	0,95
23	312900	7554010	Pastagem	S	0,95
24	311730	7552734	Cana de açúcar	S	0,95
25	311598	7553344	Vegetação arbustiva	S	0,96
26	311339	7553424	Vegetação arbustiva	S	0,96
27	308365	7553951	Eucalipto	S	0,96
28	307443	7554951	Mata ciliar	S	0,96
29	308873	7555225	Pastagem	S	0,96
30	310668	7555926	Cultura temporária	S	0,96

A partir da proporção de pontos classificados corretamente a cada acréscimo de 1 ao tamanho amostral, obteve-se uma média de $P = 0,94$, ou seja, a exatidão do mapeamento corresponde a 0,94 e com erro de aproximadamente 6%.

Considerando a imprecisão em torno de 6% do mapeamento, a área de estudo possui cerca de 14.719 ha ocupado pelas culturas temporárias, basicamente pelo (arroz, batata, cana de açúcar e feijão), 12.359 ha as culturas permanentes, relacionadas principalmente (banana, café, laranja, limão e manga), 11.106 ha de pastagens, 5.672 ha de vegetação arbórea, 4.132 ha de vegetação arbustiva, 957 ha de área urbana, 373 ha de gramíneas, 293 ha de reservatórios, 85 ha de campo sujo (planície aluvionar), 43 ha de distrito industrial, 22 ha de edificações, 11 ha de mineração e 3 ha de solo exposto.

O uso e cobertura da terra relacionada às unidades fisiográficas da área de estudo estão presentes no (quadro 9).

Quadro 9. Uso e cobertura da terra conforme as unidades fisiográficas

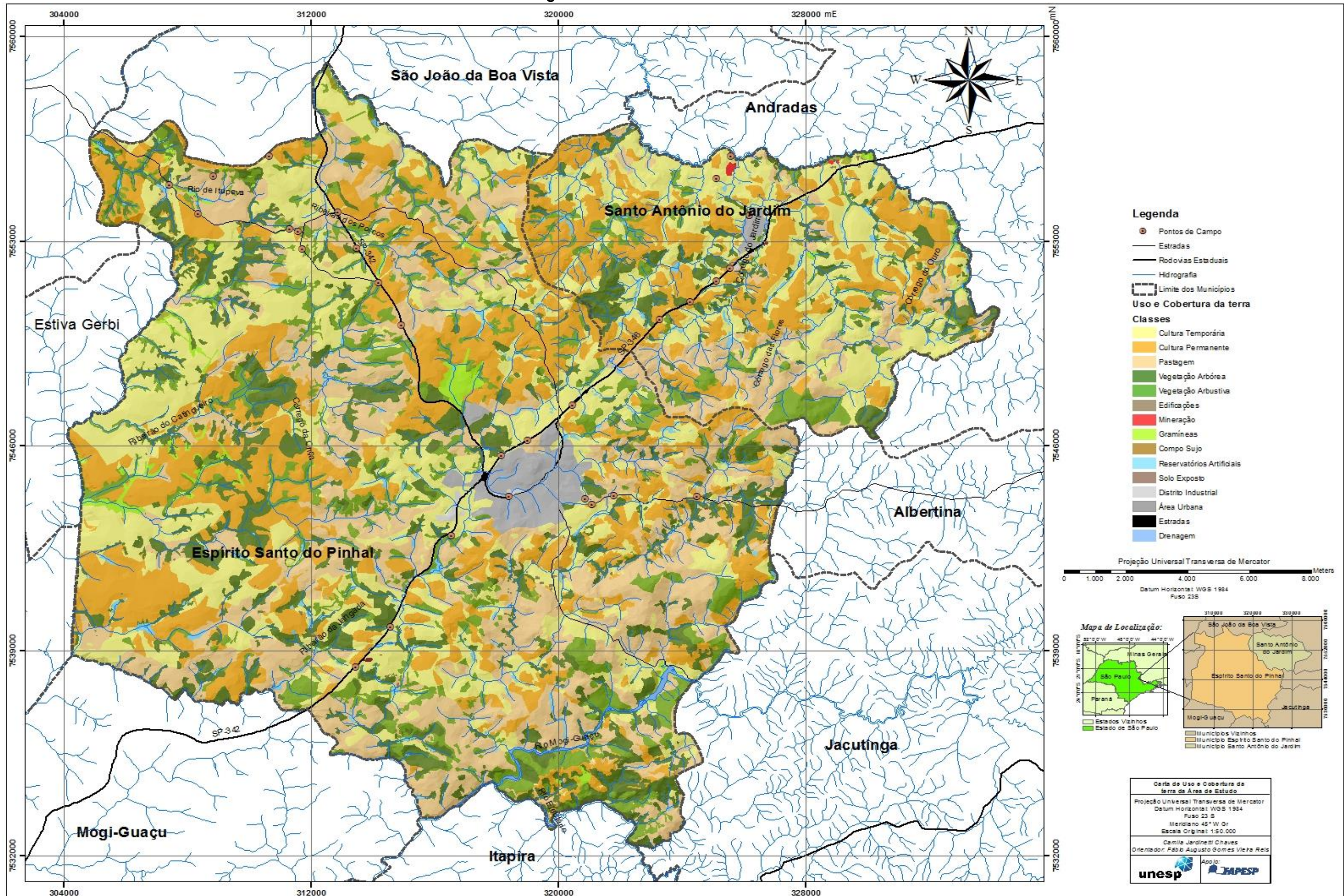
UF	Uso e Cobertura da terra	Área em %	Usos Recomendados
1	Cultura temporária	35	Vegetação arbórea, arbustiva, campo sujo e extração mineral.
	Pastagem	26	
	Vegetação arbórea	19	
	Vegetação arbustiva	14	
	Cultura permanente	6	
2	Cultura permanente	44	Diversos tipos de uso podem ser inseridos nesta unidade de forma adequada, atentando-se para os cortes e taludes antrópicos.
	Pastagem	25	
	Cultura temporária	14	
	Vegetação arbórea	10	
	Vegetação arbustiva	7	
3	Cultura temporária	31	Culturas agrícolas
	Cultura permanente	26	
	Pastagem	22	
	Vegetação arbórea	12	
	Vegetação arbustiva	9	
4	Pastagem	24	Pastagem, culturas agrícolas e área urbana.
	Cultura temporária	22	
	Cultura permanente	19	
	Vegetação arbórea	11	
	Vegetação arbustiva	24	
5	Cultura permanente	31	Pastagens e culturas permanentes sob o manejo adequado.
	Cultura temporária	29	
	Pastagem	25	
	Vegetação arbustiva	10	
	Vegetação Arbórea	5	
6	Cultura temporária	41	Área urbana, pastagens e culturas agrícolas sob o manejo adequado e extração mineral.
	Cultura permanente	38	
	Vegetação arbórea	10	
	Pastagem	6	
	Vegetação arbustiva	5	

7	Cultura temporária	44	Área urbana, pastagens e culturas agrícolas sob o manejo adequado.
	Cultura permanente	30	
	Pastagem	10	
	Área urbana	9	
	Vegetação arbórea	7	
8	Pastagem	81	Vegetação arbórea e arbustiva.
	Cultura temporária	7	
	Vegetação arbórea	5	
	Vegetação arbustiva	5	
	Cultura permanente	2	
9	Pastagem	28	Vegetação arbórea e culturas permanentes.
	Cultura permanente	26	
	Cultura temporária	18	
	Vegetação arbórea	26	
	Vegetação arbustiva	12	
10	Cultura permanente	38	Vegetação arbórea.
	Vegetação arbustiva	21	
	Pastagem	17	
	Cultura temporária	15	
	Vegetação arbórea	9	

Destacam-se na área de estudo as culturas temporárias com a cana-de-açúcar, as culturas permanentes, com o predomínio das lavouras de café e laranja e, também a pecuária.

A (figura 28) representa a carta de uso e cobertura da terra dos municípios de Espírito Santo do Pinhal e Santo Antônio do Jardim.

Figura 28. Carta do Uso e Cobertura da terra



6.4. Carta de Chuvas Intensas Médias

Diante dos processos geológicos apontados no presente trabalho, o mapa de suscetibilidade a chuvas intensas é de grande importância, visto que a concentração das chuvas em determinados meses do ano é o grande causador desses processos, intensificados pelas atividades econômicas.

Através da interpolação dos valores de precipitação acumulada nos meses mais chuvosos, coletados nas proximidades dos municípios de Espírito Santo do Pinhal e Santo Antônio do Jardim, foi possível gerar a carta de chuvas intensas médias, representada na (figura 29).

Onde se constatou que a classe com precipitações inferiores 202,8 mm é a com maior área, com aproximadamente 14.110 ha, porém com menor acúmulo de chuvas nos meses que representam o verão. Sendo que a faixa de terra com maior acumulação de chuvas está relacionada principalmente aos compartimentos fisiográficos 7, 8, 9 e 10 com precipitações que podem ser superiores a 271,6 mm, em uma área de aproximadamente 6.538 ha (tabela 15).

Tabela 15. Distribuição em área das classes

Classes de Precipitações em (mm)	Área em (Há)	% da Área Total
< 202, 8	14.110	29
202,8 – 220, 0	9.919	20
220, 0 – 237, 2	9.155	19
237, 2 – 254, 4	9.630	19
> 271, 6	6.538	13

A partir do mapa produzido, foi possível relacionar que as faixas de terra com menor concentração de chuvas no período chuvoso, estão relacionadas à Bacia Sedimentar do Paraná (Depressão Periférica), e com maiores índices o Embasamento Cristalino (Planalto Atlântico).

6.5. Carta de Áreas de Preservação Permanente

Para o controle dos processos geológicos, é de extrema importância respeitar as áreas de preservação permanente. São regiões frágeis, não apropriadas para alteração da cobertura da terra, por isso devem estar protegidas pela vegetação natural ou artificial relacionada ao reflorestamento. São áreas que contribuem para a manutenção/regularização da paisagem como um todo, assegurando a vida das populações humanas.

Foram consideradas áreas de preservação permanente de acordo com o Novo Código Florestal (Lei nº 12.651/2012), as nascentes, ao longo dos rios e topo de morro, montes, montanhas e serras (figura 30). Lembrando que na área de estudo não há APPs de declividades superiores a 100%.

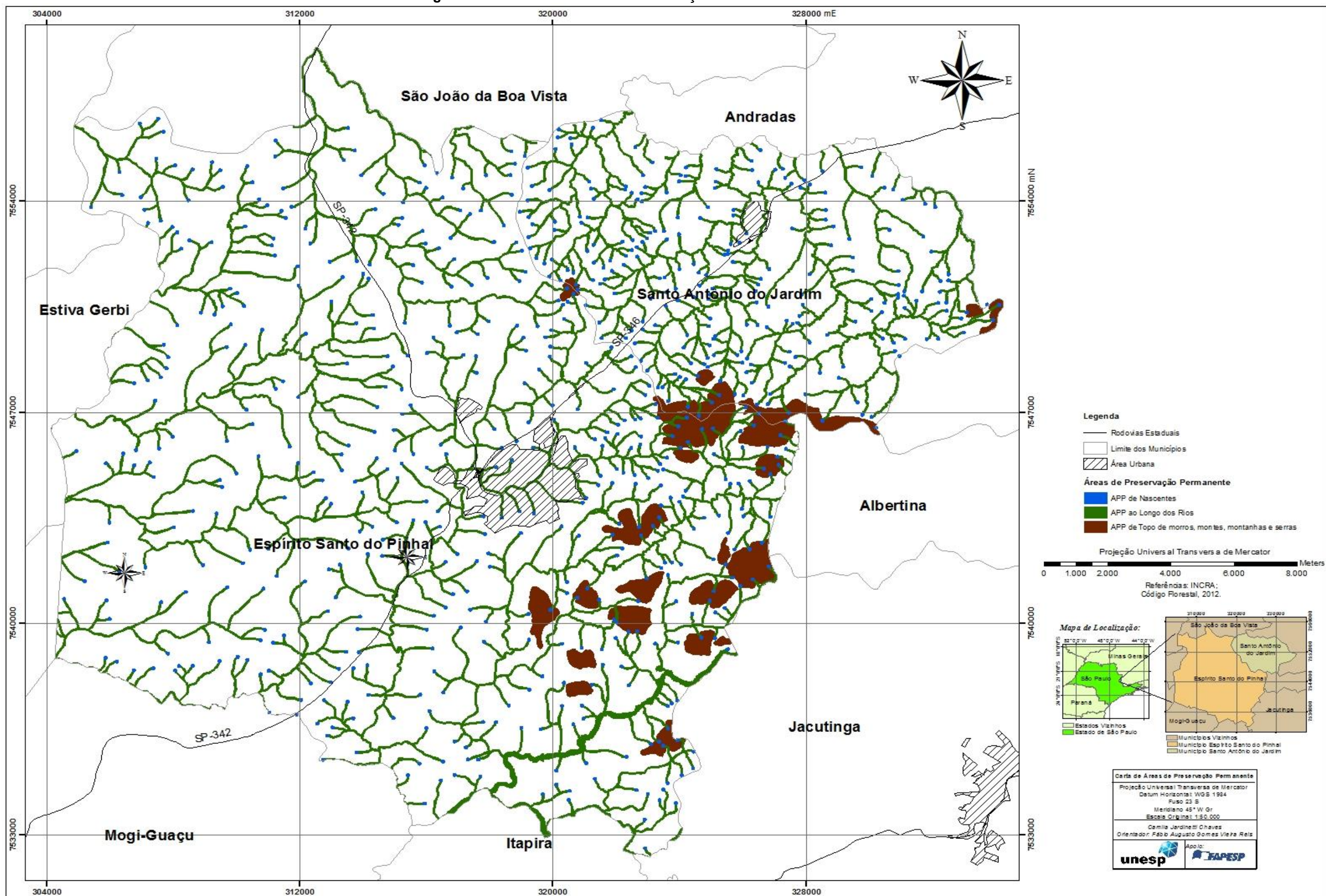
As áreas de preservação permanente ao longo dos rios representam em torno de 70% da área, topo de morros, montes, montanhas e serras com aproximadamente 22% e, nascentes com cerca de 8%. A distribuição dessas APPs em hectares pode ser observado no (quadro 10).

Sendo que na elaboração da carta de áreas de preservação permanente, não foram considerados as disposições sobre a delimitação das áreas consolidadas, vindo a permitir a variação da APP conforme o tamanho dos imóveis cadastrados no Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária (INCRA), o que pode diminuir a faixa de APP em pontos localizados.

Quadro 10. Áreas de Preservação Permanente presentes na área de estudo

APP	Área (ha)
Ao longo dos rios	5.386
Topo de morros, montes, montanhas e serras	1.711
Nascente	570
Total de APPs	7.668

Figura 30. Carta das Áreas de Preservação Permanente na área de estudo



6.6. Carta Geoambiental: avaliações e recomendações

Com as cartas de compartimentação fisiográfica, uso e cobertura da terra, chuvas intensas médias e APPs gerados, foi possível obter a carta geoambiental da área de estudo a partir da ferramenta *Weighted Overlay*, disponível no *software ArcGIS® 10*. Para que houvesse consistência na ponderação desses, foi utilizado o Método de Processo de Análise Hierárquica (AHP), onde cada carta recebeu um peso de importância. Nas (tabelas 16, 17 e 18) estão presentes os julgamentos paritários e o autovetor para os atributos que compuseram a carta geoambiental.

Tabela 16. Matriz AHP dos atributos utilizados na carta geoambiental: Matriz Recíproca

Cartas	Compartimentação Fisiográfica	Chuvas Intensas Médias	APPs	Uso e Cobertura da terra
Compartimentação Fisiográfica	1/1	3/1	5/1	7/1
Chuvas Intensas Médias	1/3	1/1	3/1	5/1
APPs	1/5	1/3	1/1	3/1
Uso e Cobertura da terra	1/7	1/5	1/3	1/1
Soma	176/105	68/15	28/3	16

Tabela 17. Matriz Normalizada

Cartas	Compartimentação Fisiográfica	Chuvas Intensas Médias	APPs	Uso e Cobertura da terra	Autovetor
Compartimentação Fisiográfica	105/176	45/68	15/28	7/16	0,5579
Chuvas Intensas Médias	35/176	15/68	3/28	3/16	0,1785
APPs	21/176	5/68	9/28	5/16	0,2067
Uso e Cobertura da terra	15/176	3/68	1/28	1/16	0,0569
Soma	1	1	1	1	1

Tabela 18. Análise de Erro

λ_{max}	4,58	
IC	0,01	
ICR	0,90	
RC	0,02	2,16%

A partir de então, obteve-se os autovetores, que apresentam a ordem de prioridade dos atributos, onde a compartimentação fisiográfica aparece como fator mais importante (55,79%), contendo informações morfoambientais e genéticas das unidades e, seu comportamento perante as atividades antrópicas; em seguida a carta de áreas de preservação permanente (20,67), ambientalmente frágeis e vulneráveis; e por último as cartas de chuvas intensas médias (17,85%) e de uso e cobertura da terra com (5,69%), representando os principais agentes intensificadores dos processos geológicos. De acordo com o método, o resultado foi consistente, já que o RC adquirido é menor que 10%.

Por meio do método de ponderação, foi obtido a divisão de unidades homogêneas conforme as potencialidades e suscetibilidade do terreno para ocorrência de processos do meio físico relacionados ao (assoreamento, erosão, movimento de massa, enchentes e inundações). O mapeamento de unidades Geoambientais a partir da simplificação cartográfica/filtro pode ser observado na (figura 31).

As unidades geoambientais resultantes foram as seguintes:

6.6.1. Unidade Geoambiental A

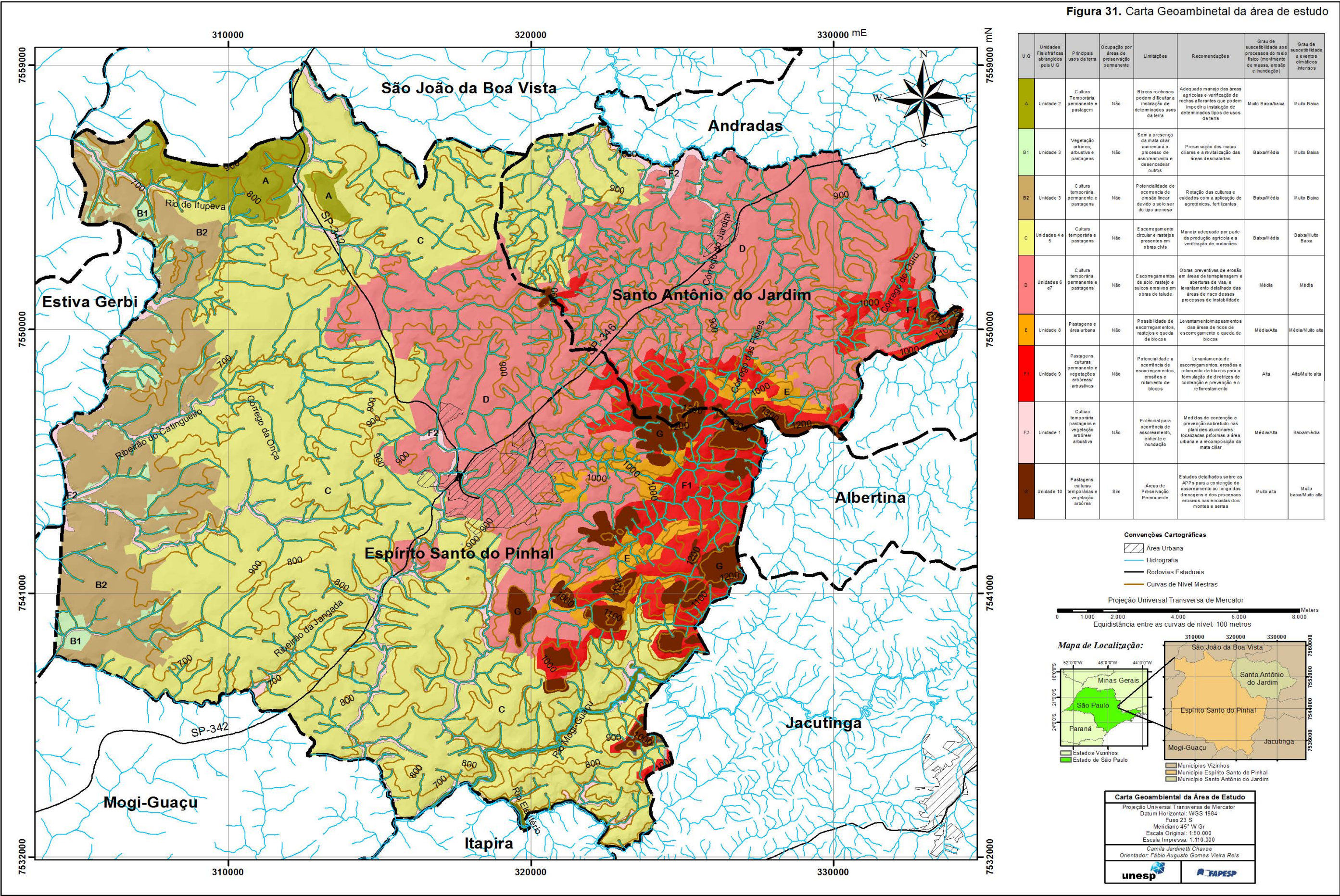
A unidade geoambiental A abrange a maior parte do compartimento fisiográfico 2. Apresenta rochas intrusivas básicas, latossolo vermelho do tipo argiloso e terreno formado por colinas com topos aplainados.

Quanto ao uso do solo, essa unidade apresenta intensa atividade agrícola, onde há a presença de 33% de culturas temporárias, essa relacionada principalmente ao cultivo de cana de açúcar, seguidas pelos cultivos permanentes como o eucalipto cobrindo o topo da colina, representam em torno de 27% e a pastagem com 21%.

O processo geológico pertinente nesta unidade é a erosão ao longo de estradas não pavimentadas em pontos isolados, devido ao mau manejo de áreas agrícolas. Especialmente aquelas ocupadas pela pastagem e por cultivos temporários. A suscetibilidade de ocorrer os eventos pluviométricos excepcionais é considerada muito baixa, podendo acumular em torno de 202,8 mm de chuva nos meses chuvosos.

Recomenda-se o adequado manejo das áreas agrícolas de forma a evitar erosões ao longo de estradas não pavimentadas e análises para a verificação de

Figura 31. Carta Geoambiental da área de estudo



rochas aflorantes que podem impedir a instalação de determinados tipos de usos da terra.

6.6.2. Unidade Geoambiental B

A unidade geoambiental B representa grande parte do compartimento fisiográfico 3. Localizada a oeste de área de estudo, também é considerada com muito baixa suscetibilidade aos grandes eventos pluviométricos, composta por rochas do Grupo Itararé, arenitos finos a grosseiros e siltitos.

De acordo com o uso e cobertura da terra, essa unidade pode ser dividida em duas subunidades geoambientais distintas, como pode ser observado nos próximos itens.

6.6.2.1. Subunidade Geoambiental B1

Em torno de 43% é ocupado pela vegetação arbórea, 23% correspondem à vegetação arbustiva e 15% pela pastagem. Caracterizam essa subunidade, onde ao longo de algumas drenagens há a presença de matas, que contribuem para sua proteção, tornando-a com baixa suscetibilidade aos processos do meio físico.

Porém como é possível observar na (figura 32), em alguns trechos não ocorre esse tipo de cobertura, intensificando os processos relacionados ao assoreamento, movimentos de massa, enchentes e até mesmo inundações. Isso se deve a intensa pressão das atividades agrícolas no entorno, que avançam cada vez mais sobre as áreas com matas.

Recomenda-se a preservação das matas ciliares e até mesmo a revitalização dessas áreas desmatadas a partir de planos de adequação ambiental previstos pela legislação e desenvolvidas nas propriedades rurais. Planos que prezam o manejo racional dos recursos naturais, tendo como objetivo conciliar o desenvolvimento econômico e a conservação do meio ambiente.

Figura 32. Área sem proteção arbórea na subunidade geoambiental B1



6.6.2.2. Subunidade Geoambiental B2

Em relevo de morrotes, a subunidade B2 é composta principalmente pela cultura temporária, representando 46% da área, seguido por 45% de culturas permanentes e apenas 3% são destinadas a pastagem.

Devido a sua formação arenítica e ao predomínio de culturas temporárias, essa subunidade geoambiental apresenta potencialidade aos processos erosivos, especialmente a erosão linear.

Com o objetivo de evitar esse processo do meio físico, recomenda-se o manejo adequado e a rotação de culturas. Controle na aplicação de fertilizantes e agrotóxicos deve ser redobrado, já que nas proximidades desta subunidade ocorrem áreas de recarga do Aquífero Itararé, associado ao Sistema Aquífero Tubarão, com porosidade granular, sendo do tipo livre e semiconfinado, descontínuo, heterogêneo e anisotrópico (LOPES, 1994).

6.6.3. Unidade Geoambiental C

A unidade geoambiental C é composta pelos compartimentos fisiográficos 4, 5 e algumas porções da unidade 6. Com mais de 22.000 ha, esta unidade compreende aos terrenos com relevo de morros e morros paralelos, constituídos por rochas do Complexo Migmático-Granítico, com granitos finos a médios. São rochas pré-cambrianas do embasamento cristalino e média densidade de drenagem.

O uso da terra é destinado 28% para as culturas temporárias, 28% pastagens e 20% correspondem às culturas permanentes. Nas áreas destinadas às pastagens e culturas permanentes ocorre o uso intensivo dos meios de produção por parte especialmente da pecuária leiteira e da cafeicultura tradicional. Essas atividades na maioria das vezes estão associadas a impactos ambientais gerados pela falta de cobertura natural e o mau manejo das pastagens.

Essa unidade apresenta potencialidade para o desenvolvimento do escorregamento circular e rastejos presentes em obras civis quando há corte e aterros. A (figura 33) representa o escorregamento circular, fenômeno bastante frequente na rodovia Governador Doutor Adhemar Pereira de Barros.

Recomenda-se que nesta unidade geoambiental, o uso do solo seja destinado à produção agrícola pouco mecanizada, devido a grande concentração de matações, sendo bastante propícia também para a expansão da área urbana. Buscando o manejo adequado dos três principais usos desenvolvidos.

Quanto aos processos físicos em taludes, é necessária manutenção sobre as medidas adotadas para a contenção superficial, no caso da (figura 33) a (tela). Práticas conservacionistas devem ser tomadas para que escorregamentos e rolamentos de blocos não ocorram.

Figura 33. Escorregamento circular sem a devida manutenção sobre a medida adotada para a contenção do fenômeno.



6.6.4. Unidade Geoambiental D

Com cerca de 13.300 ha, a unidade geoambiental D abrange grande parte do compartimento fisiográfico 7 e pequenas áreas da unidade 6. Possui migmatitos de injeção, subordinamente anatexitos e granitoides porfíricos, e solos do tipo arenoso e areno-siltoso, são características que compõem o relevo de mar de morros com alta densidade de drenagem.

O uso dessa unidade é composto principalmente pela cultura temporária e permanente, juntas representam 68% da área, pastagem 11%, vegetação arbórea 7% e abrigando grande parte das áreas urbanas de Espírito Santo do Pinhal e Santo Antônio do Jardim, justos representam 7%. Essa unidade geoambiental foi considerada adequada para ocupação devido às declividades serem suaves e seu perfil de alteração espesso. Porém há a necessidade que ocorrências de fenômenos geológicos sejam evitadas na fase de execução de obras, devido à utilização inadequada de determinada técnica.

Verificam-se processos como escorregamentos de solo rastejo e sulcos erosivos em obras de talude, (figura 34).

Recomenda-se obras preventivas de erosão em áreas de terraplenagem e aberturas de vias, além do levantamento detalhado das áreas de risco desses processos de instabilidade a partir da formulação de diretrizes para medidas de contenção e prevenção desses.

Figura 34. Sulcos erosivos em talude no município de Santo Antônio do Jardim



6.6.5. Unidade Geoambiental E

A unidade geoambiental E é composta pelo compartimento fisiográfico 8 (depósito de tálus), com aproximadamente 1.200 ha, ela é formada em 74% pelas pastagens, sendo que uma pequena porção da área urbana de Espírito Santo do Pinhal está inserida nessa unidade, que por sinal apresenta características que a torna uma área inadequada à ocupação. Pois além dos materiais que compõem seu perfil de alteração dificultar construções e fundações, também há a possibilidade de escorregamentos, rastejos e queda de blocos (figura 35). Tornando essa área com grande potencial à ocorrência de graves acidentes gerados por eventos pluviométricos excepcionais devido a sua perda de capacidade de carga e sustentação. No período chuvoso, pode acumular de 220 a 271 mm de chuva, dados

que indicam a unidade geoambiental E com média a muito alta suscetibilidade de chuvas intensas.

Dessa forma, recomenda-se que estudos detalhados com levantamento/mapeamentos das áreas de ricos de escorregamento e queda de blocos sejam produzidos, tendo como objetivo a prevenção desses processos geológicos.

Figura 35. Depósito de talús



6.6.6. Unidade Geoambiental F

A unidade geoambiental F foi subdividida em duas, a primeira refere-se à subunidade F1, abrangendo grande parte do compartimento fisiográfico 9, e a segunda denominada de F2, está relacionada essencialmente as áreas das planícies aluvionares. Ambas possuem alta suscetibilidade aos processos do meio físico como erosão, movimento de massa e rolamento de blocos na F1 e assoreamento, inundação e enchente quanto a F2.

6.6.6.1. Subunidade Geoambiental F1

Representa terrenos com altas declividades e amplitude altimétrica, consequentemente com escoamento superficial alto e rochas aflorantes (figura 36) e erosões em taludes na (Figura 37). Subunidade com potencialidade a ocorrência de escorregamentos, erosões e rolamento de blocos. São características que tornam essa área inadequada à ocupação.

Uso e cobertura do solo são compostos principalmente pelas pastagens com 36%, culturas permanentes representam 20% e 34% pela vegetação arbórea e arbustiva. Sendo essas duas ultimas classes, as mais adequadas para esta área, contribuindo na contenção desses processos físicos típicos. Já que o acumulo de chuvas médias pode ser de 254,4 a 271,6 mm, com alta a muito alta suscetibilidade a chuvas intensas.

Recomenda-se nesta subunidade geoambiental em relevo de morros com serras restritas o levantamento de escorregamentos, erosões e rolamento de blocos para a formulação de diretrizes de contenção e prevenção desses processos e o reflorestamento.

Figura 36. Blocos rochosos próximos ao talude de corte



Figura 37. Erosão em taludes (rodovia)



6.6.6.2. Subunidade Geoambiental F2

Formada por sedimentos aluvionares, com baixa capacidade de suporte, a subunidade geoambiental F2 são áreas que apresentam riscos de assoreamento, inundação, enchentes, erosões e até mesmo a ocorrência de ondas de cheia. Tornam esses terrenos inadequados para a ocupação agrícola e urbana.

Os usos e coberturas da terra atuais são compostos por culturas temporárias 31%, pastagem 23%, vegetação arbórea 17% e vegetação arbustiva com 12%. O predomínio das culturas temporárias e das pastagens pode agravar ainda mais a potencialidade de ocorrência de assoreamento e erosões.

Recomenda-se a formulação de diretrizes para medidas de contenção e prevenção desses processos, sobretudo nas planícies aluvionares localizadas na área urbana e a recomposição da mata ciliar.

Algumas características dessa subunidade estão representadas na (figura 38).

Figura 38. Atividade pecuária na unidade geoambiental F2. Detalhe na ausência de mata ciliar



6.6.7. Unidade Geoambiental G

A unidade geoambiental G representa as áreas de preservação permanente de nascentes, ao longo de drenagens e topos de morros e montanhas com alta suscetibilidade a eventos climáticos intensos, podendo acumular mais de 271,6 mm de chuva em algumas áreas.

Dessa forma, segundo o Código Florestal (2012), seu uso é restrito, por serem terrenos com grande potencial aos processos do meio físico.

Atualmente essa unidade é ocupada por pastagem 27%, cultura temporária 23%, vegetação arbórea 17%, cultura permanente 15% e vegetação arbustiva com 14%. No entanto as principais ocupações presentes, relacionadas à pastagem e a cultura temporária, não são recomendadas nessa unidade.

Como pode ser observado na (figura 39) há topos de morros e montanhas sem a cobertura da vegetação arbórea, no caso substituído por atividades agrícolas. São terrenos com alta declividade, com manto de alteração raso e susceptível aos processos de erosão, escorregamento e queda de blocos.

Figura 39. Topo de morro sem cobertura vegetal apropriada



A (figura 40) compreende aos processos erosivos no córrego Santa Barbara, devido à ausência da mata ciliar. Área ocupada principalmente pela cultura temporária.

Figura 40. Processos erosivos no córrego Santa Barbara



Recomenda-se estudos detalhados sobre as áreas de preservação permanente para a contenção do assoreamento ao longo das drenagens e dos processos erosivos nas encostas dos montes e serras.

Pela ausência de parques de conservação nesses municípios, recomenda-se a criação dos mesmos, especialmente em relação à vegetação nativa.

7. CONCLUSÕES

Este trabalho visou o estudo do meio físico em busca de conhecer suas potencialidades e restrições de uso, dos municípios de Espírito Santo do Pinhal e Santo Antônio do Jardim, a partir de duas abordagens metodológicas e levantamentos de campo. A primeira é denominada de análise integrada, que compreendeu ao método proposto por Zaine (2011), a fotointerpretação, neste caso adaptada as imagens de satélite (*Landsat TM 5/banda 5*), e como complemento a esse método, destacam-se a análise realizada nos produtos de hipsometria, declividade e curvatura vertical, todos pelo Modelo Digital de Elevação do Terreno (MDET).

Nessa abordagem os elementos do meio físico foram analisados integradamente e posteriormente individualizados em unidades homogêneas. Sendo de grande contribuição quanto ao custo, tempo, aplicabilidade ao gerar um único produto cartográfico na escala 1:50.000 e, não requer o cruzamento de cartas geomorfológicas, geológicas, entre outras. Já que essas cartas da área de estudo encontram-se em escalas de detalhamento diferente, impossibilitando o cruzamento das mesmas.

A segunda abordagem adotada refere-se à análise multitemática, com a elaboração das cartas de uso e cobertura da terra, chuvas intensas médias e áreas de preservação permanente, junto à carta de compartimentação fisiográfica, foi possível atribuir pesos de prioridade sobre cada uma delas hierarquicamente e comparados entre si, de forma a evidenciar o fator que predominou sobre o outro a partir do Processo Analítico Hierárquico, o método (AHP). Esse método foi utilizado na ponderação dessas cartas, na busca pela sobreposição mais eficaz dessas e não de forma indutiva. A carta de compartimentação fisiográfica representa o maior autovetor por conter as características fisiográficas da área de estudo, seguida pela carta de APPs, tratando-se de áreas com alta fragilidade ambiental e por último as cartas de chuvas intensas médias, considerado um dos maiores colaboradores na intensificação dos processos geológicos, junto às atividades antrópicas, esse representado pela carta de uso e cobertura da terra.

A ponderação dessas cartas, resultou na carta geoambiental na escala final 1:50.000, onde houve a necessidade da aplicação de um filtro sobre as áreas pequenas e pouco representativas, sendo agrupadas aos polígonos vizinhos com

maiores áreas, assumindo a mesma unidade geoambiental. Para que as áreas de preservação permanente fossem melhores representadas, houve a necessidade de coloca-la sobre a carta geoambiental, pois formaram uma única unidade geoambiental.

Quanto às características das imagens de satélite do (*Landsat TM 5* - fornecidas gratuitamente pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE)), utilizadas na elaboração da carta de uso e cobertura da terra, como desvantagem pode ser citada a dificuldade de classificar os alvos e seus limites, por serem imagens de média resolução e, do ano de 2011. Para que houvesse mais precisão sobre os limites das classes e no contexto atual da área de estudo, foi preciso importar polígonos extraídos de imagens de alta resolução, atualizadas e coloridas contidas no programa de computador *Google Earth*, versão gratuita. A carta de uso e cobertura da terra foi classificada com exatidão de 0,94%.

Baseado nas informações da carta geoambiental, o mapeamento identificou e descreveu 7 unidades geoambientais avaliadas quanto a adequação do uso e cobertura da terra.

As características das unidades geoambientais A e das subunidades da B apresentaram-se com menor suscetibilidade aos processos do meio físico, sendo essas as unidades mais apropriadas para a utilização da mecanização agrícola e o desenvolvimento de culturas temporárias.

As unidades geoambientais C e D compreendem aos terrenos mais adequados para a expansão urbana, por conter relevo mais plano e também por abranger as cidades de Espírito Santo do Pinhal e Santo Antônio do Jardim. Medidas de controle para a minimização dos processos como escorregamento circular, rastejo e sulco erosivo em obras de talude devem ser tomadas.

Formada por depósito de tálus a unidade geoambiental E, foi caracterizada com alta suscetibilidade aos processos do meio físico, de acordo com os elementos presentes serem bastante vulneráveis as chuvas intensas que podem ocorrer, sendo que alguns bairros de Espírito Santo do Pinhal ocorrem próximos a esses depósitos. Havendo a necessidade de contenção da área urbana para essa área.

A unidade geoambiental F, foi dividida em duas subunidades, a F1 com cotas elevadas, podendo ocorrer escorregamentos, erosões e queda/rolamento de blocos e a F2, associada às planícies aluvionares com potencialidade ao assoreamento, inundação e enchente. Em ambas devem ser realizado constantes práticas

mitigadoras, pois as características dessas tornam os diversos tipos de ocupação complexa.

Definidas pela legislação ambiental, a unidade geoambiental G representa as áreas de preservação permanente onde o uso é restrito, voltado para a recuperação ambiental, sendo áreas com alta suscetibilidade a ocorrência de processos do meio físico. Aonde grande parte da vegetação arbórea e arbustiva foi substituída. Na área de estudo, observou-se o predomínio de culturas temporárias, permanente e pastagens sobre essa unidade, devendo ocorrer o reflorestamento.

Sobre o contexto geomorfológico, é possível relacionar a Depressão Periférica com as unidades de menor suscetibilidade aos processos do meio físico e também as chuvas intensas médias. Quanto ao Planalto Atlântico, as unidades geoambientais apresentam maior suscetibilidade aos processos geológicos, em razão do relevo ser mais marcante com cotas que podem chegar aos 1.300 metros e maiores índices pluviométricos. Predominam no relevo de morros e serras as lavouras de café e pastagens, sendo que alguns topos não apresentam a cobertura vegetal recomendada.

Os resultados obtidos com esta pesquisa constataram que é possível o desenvolvimento de instrumentos de gestão ambiental no caso a carta geoambiental de forma a evidenciar as potencialidades e fragilidades quanto ao uso da terra dos municípios de Espírito Santo do Pinhal e Santo Antônio do Jardim. Espera-se que os resultados obtidos nesta pesquisa possam ser utilizados como subsidio ao poder público.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABREU, A. A. de. **Estruturação de paisagens Geográficas no Médio Vale do Jaguarí-Mirim**. 1973. 176 f. Tese (Doutorado em Geografia) – Departamento de Geografia, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1973.

ADAMY, A. **Zoneamento Geoambiental de Pimenta Bueno**. 2005. 147 f. Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento Regional e Meio Ambiente) - Núcleo de Ciências e Tecnologia, Universidade Federal de Rondônia, Porto Velho, 2005.

ALMEIDA, R. M. A. de. et al. **Qualidade Microbiológica do Córrego “Ribeirão dos Porcos” no Município de Espírito Santo do Pinhal – SP**. Revista Engenharia Ambiental. Espírito Santo do Pinhal, v.1, n.1, p.051-056, jan./dez., 2004.

ASWATHANARAYANA, U. **Geoenvironment: an introduction**. Rotterdam: A. A. Balkema/Brookfield. 1995.

AZEVEDO, A. A. B. de; MASSOLI, M. **Geologia da Folha de Aguai, SP**. Rev. Inst. Geol. [online]. 1984, vol.5, n.1-2, pp. 39-46. ISSN 0100-929X. Disponíveis em: <<http://ppegeo.igc.usp.br/pdf/rig/v5n1-2/v5n1-2a05.pdf>>. Acessado em: 25 jan. 2013.

BELI, E. et al. **Recuperação de áreas degradadas pelo lixão Areia Branca de Espírito Santo o Pinhal – SP**. 2005. Disponíveis em: <http://ferramentas.unipinhal.edu.br/ojs/engenharia_ambiental/viewarticle.php?id=35>. Acessado em: 20 jan. 2013.

BENNETT, M. R; DOYLE, P. **Environmental geology: geology and the human environment**. New York: John Wiley & Sons, 1997.

BERNARDES, T. et. al. Avaliação da acuraria do mapeamento do uso da terra no complexo Serra Negra, Patrocínio, MG, por interpretação visual e classificação automática de imagem Landsat. **Anais... XIII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto**, Florianópolis, Brasil, 21-26 abril 2007, INPE, p. 5587-5594.

BOURNE, R. **Regional survey and its relation to stocktaking of agricultural and forest resources of the Bristish Empire**. Oxford Forestry Memoirs, v.13, p. 7-62, 1931.

BRASIL. **Decreto Federal nº 5.300**, de 07 de dezembro de 2004, art 2º, item XV.

BRASIL. **Lei nº 4.771**, de 15 de setembro de 1965. Código Florestal. Brasília, DF, 1965.

BRASIL. **Lei nº 6.766**, de 19 de dezembro de 1979. Dispõe sobre o Parcelamento do solo urbano. Brasília, DF, 1979.

BRASIL. **Lei nº 6.938**, de 31 de agosto de 1981. Política Nacional do Meio Ambiente. Brasília, DF, 1981.

BRASIL. **Lei nº 7.803**, de 18 de julho de 1989. Altera a redação da Lei nº 4.771, de 15 de setembro de 1965, e revoga as Leis n. 6.535, de 15 de junho de 1978, e 7.511, de 7 de julho de 1986. Brasília, DF, 1989.

BRASIL. **Resolução Conama 303**, de 20 de março de 2002. Áreas de preservação Permanente. São Paulo, SP, 2002.

BRASIL. **Resolução Conama 302**, de 20 de março de 2002. Dispõe sobre os parâmetros, definições e limites de Áreas de Preservação Permanente de reservatórios artificiais e o regime de uso do entorno. São Paulo, SP, 2002.

BRASIL. **Lei nº 12.651**, de 25 de maio de 2012. Código Florestal. Brasília, DF, 1965.

C. Y. JU, et al. **GIS-based coastal area suitability assessment of geo-environmental factors in Laoshan district, Qingdao**. Natural Hazards and Earth System Sciences, 12, 143-150, 2012. Disponível em: <http://www.nat-hazards-earth-syst-sci.net/12/143/2012/nhess-12-143-2012.pdf>. Acessado em 07 set. 2013.

CALDERANO FILHO, B.; et. al. Diagnóstico físico-biótico do município de Bom Jardim – RJ, com auxílio de geotecnologias, para fins de planejamento de paisagens rurais montanhosas. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 32, Fortaleza, CE. **Anais...** Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2009.

CARDOSO, D. et al. **Compartimentação fisiográfica do município de Peruíbe, litoral de São Paulo - uma abordagem metodológica como subsídio à avaliação geotécnica de terrenos**. Pesquisas em Geociências, v.3, n. 36, p. 251-262, set./dez. 2009.

CENDRERO, A. Uma ferramenta para a avaliação e monitoramento de unidades de mapas geoambientais: os índices de qualidade ambiental. In: 5º Simpósio Brasileiro de Cartografia Geotécnica e Geoambiental. São Carlos: **Anais...**2004. CD-ROM.

CIIAGRO ONLINE - **CENTRO INTEGRADO DE INFORMAÇÕES AGROMETEOROLÓGICAS**. Disponível em: < <http://www.ciiagro.sp.gov.br/ciiagroonline/Quadros/QTmedPeriodo.asp> > Acesso em: 24 out. 2012.

COORDENADORIA DE ASSISTÊNCIA TÉCNICA INTEGRAL. LUPA – Levantamento Censitário das Unidades de produção agropecuária do Estado de São Paulo. **Dados Consolidados Municipais 2007/08**. Disponível em: < <http://www.cati.sp.gov.br/projetolupa/mapaculturas.php> >. Acesso em: 06 mar. 2013.

CORREIA, P. R. S.; RAMOS, V. L. S. **Mapa Geoambiental**. In: PROJETO Mapas Municipais - Município de Morro do Chapéu, BA. Salvador: CPRM, 1995. Programa Nacional de Gestão e Administração Territorial – GATE

CHRISTIAN, C. S.; STEWART, G. A. **General Report on Survey of Katherine Darwin Region, 1946**. Commonwealth Scientific and Industrial Research Organization, Australia, Land Research Series 1, 1953.

CUNICO, C. **Zoneamento Geoambiental da Bacia Hidrográfica do Rio Marumbi – PR: Perspectivas para a Análise e Avaliação das Condições Sócio-Ambientais**. 175 f. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Universidade Federal de Curitiba, Curitiba, 2007.

DE BIASI, M. Cartas de declividade: Confecção e utilização. **Geomorfologia**, São Paulo, n. 21, p 8-12, 1970.

DEL'ARCO, J. et al. **Diagnóstico Ambiental da Bacia do Rio Araguaia**. Trecho Barra dos Garças(MT) – Luiz Alves (GO). Rio de Janeiro: AHITAR/IBGE, SENAMA, 1999. Painel Comunicação.

DE NARDIN, D. **Zoneamento Geoambiental no Oeste do Rio Grande do sul: Um estudo em bacias hidrográficas**. 230 f. Dissertação (Mestrado em Geografia). Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2009. Disponível em: <http://hdl.handle.net/10183/17897>. Acesso em 06 jan. 2013.

DEPARTAMENTO DE ÁGUA E ENERGIA ELÉTRICA DO ESTADO DE SÃO PAULO; UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JÚLIO DE MESQUITA FILHO”. **Mapa Geológico do Estado de São Paulo**. Folha Campinas. São Paulo, 1982.

FARIA, D. G. M. **Mapeamento de Perigo de Escorregamento em Áreas Urbanas Precárias Brasileiras com a Incorporação do processo de Análise Hierárquica (AHP)**. (Tese). São Carlos (SP). Universidade de São Paulo, Escola de Engenharia de São Carlos (EESC); 2011.

FENNEMAN, N. M. Physiographic subdivision of the United States. **Geology**, n. 24, nov. 1916. Disponível em: <<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC1091163/pdf/pnas.01946-0032.pdf>>. Acesso em: 15 fev. 2013.

FERREIRA, J. A. **Papel do Conselho Municipal de Desenvolvimento Rural: a experiência de Espírito Santo do Pinhal**. 2002. 131 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) - Faculdade de Engenharia Agrícola, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2002.

FERREIRA, C. J.; PENTEADO, D. **Mapeamento de risco a escorregamento e inundação por meio da abordagem quantitativa da paisagem em escala regional**. In: Congresso Brasileiro de geologia de Engenharia, 11., 2011, São Paulo. **Anais...**, ABGE, São Paulo, 2011. CD-ROM.

FIORI, A. P. Metodologias de Cartografia Geoambiental. In: 5º Simpósio Brasileiro de Cartografia Geotécnica e Geoambiental. São Carlos: **Anais...** 2004. CD-ROM.

FLORENZANO, T. G. Imagens TM-Landsat e HRV-SPOT na elaboração de cartas geomorfológicas de uma região do rio Taquari, MS. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.33, n. especial, p.1721-1727, out. 1998.

GENDEREN, J.L. van. Testing land-use map accuracy. In: **Photogrammetric engineering and remote sensing**. Vol. 43, N. 9, set. 1977, p. 1135-1137.

GIMENES, F. B. Q.; AUGUSTO FILHO, O. **Mapa de Fragilidade Ambiental: conceituação e aplicação em um setor do oleoduto São Paulo – Brasília (OSBRA)**. Dissertação de Mestrado. Universidade de São Paulo. Escola de Engenharia de São Carlos. Departamento de Geotecnia. 2013.

GINEVAN, M. E. Testing Land-Use Map Accuracy: Another Look. **Photogrammetric Engineering & Remote Sensing**. v. 45, n. 2, 1979, p. 167-176.

GOERL, R. F.; KOBIYAMA, M. Considerações sobre as inundações no Brasil. In: XVI Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, 2005, João Pessoa, **Anais...** 2005.

GOOSEN, D. Interpretacion de fotos aereas y su importancia en levantamiento de suelos. **Boletín sobre Suelos**, Organizacion de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentacion, Roma, n.6, 1968.

GRIFFITH, J. J.; JUCKSCH, I.; DIAS, L. E. **Roteiro Metodológico para Zoneamento de Áreas de Proteção Ambiental**. p.37. Viçosa, MG. UFV. IBAMA. PNUMA. 1995.

Gupta RP, Joshi BC., (1990), **Landslide hazard zoning using the GIS approach- A case study from the Ramganga catchment, Himalayas**. Engineering Geology, 1990, 28, pp 119-131.

GUY, M. **Quelques principes et quelques expériences sur la méthodologie de la photointerprétation**. In: Symposium International de Photointerprétation, 2., 1966 Paris. Paris: Acte. v.1, 1966. p. 02-41.

HERBERTSON, A. **The major natural regions: an essay in systematic geography**. Geographical Journal. 1905.

INFANTI JR, N.; FORNASARI FILHO, N. **Processos de dinâmica superficial**. In: OLIVEIRA, A. M. S.; BRITO, S. N. A. (Eds). Geologia de Engenharia. São Paulo: Associação Brasileira de Geologia de Engenharia. 1998.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Dados e informações sobre as cidades brasileiras com base nas pesquisas e censo realizado no ano de 2010**. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/cidadesat>>. Acesso em: 20 out. 2012.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Dados e informações sobre as cidades brasileiras com base nas pesquisas e censo realizado no ano de 2003**. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/cidadesat>>. Acesso em: 20 out. 2012.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Dados e informações sobre as cidades brasileiras com base nas pesquisas e censo realizado no ano de 2010**. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/cidadesat>>. Acesso em: 20 out. 2012.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Manual Técnico de Uso da Terra**. Manuais Técnicos em Geociências. 2. Rio de Janeiro, 2006. Disponível em: < ftp://geoftp.ibge.gov.br/documentos/recursos_naturais/manuais_tecnicos/manual_uso_da_terra.pdf>. Acesso em: 20 out. 2012.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Folha de Aguai**. São Paulo: IBGE, 1972a. SF-23-Y-A-3-1. Escala 1:50.000.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Folha de Águas de Lindóia**. São Paulo: IBGE, 1972b. SF-23-Y-A-III-4. Escala 1:50.000.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Folha de Moji-Guaçu**. São Paulo: IBGE, 1972c. SF-23-Y-A-III-3. Escala 1:50.000.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Folha de Pinhal**. São Paulo: IBGE, 1972d. SF-23-Y-A-III-2. Escala 1:50.000.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Manual Técnico de Uso da Terra. 2. ed., Rio de Janeiro: IBGE, 2006.

INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS DE SÃO PAULO. **Mapa de Erosão do Estado de São Paulo**. Primeira edição, São Paulo, 1995. Escala 1:1.000.000.

INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS DE SÃO PAULO. **Mapa Geológico do Estado de São Paulo**. São Paulo: IPT. 1981a.

INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS DE SÃO PAULO. **Mapa Geomorfológico do Estado de São Paulo**. São Paulo: IPT. 1981b.

INSTITUTO GEOLÓGICO DO ESTADO DE SÃO PAULO. **Formações Geológicas de superfície**: Folha Geológica Aguai. São Paulo: IG, 1983. SF-23-Y-A-III-1. Escala 1:50.000.

JACQUES, F. E. C. **“Fauna Flebotomínea (diptera: psychodidae) de Espírito Santo do Pinhal, São Paulo, Brasil”**. 2010. 73 f. Dissertação (Mestrado em Parasitologia). Instituto de Biologia, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2010. Disponível em: <<http://cutter.unicamp.br/document/?code=000768786>> Acesso em: 17 out. 2012.

Jamel, C. E. G. et. al. **Utilização de técnica de avaliação multicritério em ambiente SIG como apoio ao zoneamento e manejo de unidades de conservação – o caso do Parque Estadual dos Três Picos - RJ**. 2007. Disponível em: <http://www.novaterra.srv.br/pdf/V_CBUC.pdf>. Acessado em: 22 nov. 2013.

LAGROTTI, C. A. A. **Planejamento Agroambiental do município de Santo Antônio do Jardim - SP**: Estudo de caso na Microbacia Hidrográfica do Córrego do Jardim. 2000. 133 f. Tese (Doutorado em Planejamento e Desenvolvimento Rural Sustentável) - Faculdade de Engenharia Agrícola, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2000. Disponível em:

<<http://www.bibliotecadigital.unicamp.br/document/?code=vtls000240611>>. Acesso em: 17 out. 2012.

LEPSCH, I. P. **Manual para levantamento utilitário do meio físico e classificação de terras no sistema de capacidade de uso: 4ª aproximação**. Campinas: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1983.

LIMA, F. J. de.; CESTARO, L. A. Considerações sobre Zoneamento como Instrumento de Gestão do Territórios. **Revista de Geografia (Recife)** –Universidade Federal e Pernambuco. Vol. 27, nº 3. p. 154-168, 2010. Disponível em: <<http://www.ufpe.br/revistageografia/index.php/revista/article/view/234/295>>. Acesso em: 07 ago. 2012.

LOLLO, J.A. 1998. Caracterização Geotécnica da Área de Expansão Urbana de Ilha Solteira (SP) com o uso de Formas de Relevo. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CARTOGRAFIA GEOTÉCNICA, 3., 1998, Florianópolis. **Anais...**Florianópolis, ABGE. (CDROM), 6p.

LONGHI, A. L. B.; MENESES, P. R. O uso de técnicas de geoprocessamento e sensoriamento remoto para o zoneamento de Florestas Nacionais. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 12., 2005. Goiânia. **Anais...** Goiânia: UFG, 2005. p. 2245-2250.

LOPES, M.F.C. Condições de ocorrência de água subterrânea nas bacias dos rios Piracicaba e Capivari. Dissertação de Mestrado, Faculdade de Engenharia Civil, UNICAMP, Campinas, 1994. 83 p.

C. Y. JU, M.F.C. **Condições de ocorrência de água subterrânea nas bacias dos rios Piracicaba e Capivari**. Campinas: 1994. 83 p. Dissertação (Mestrado em Recursos Hídricos e Saneamento) - Faculdade de Engenharia civil da Universidade de Campinas, 1994.

LOUSADA, E. O.; CAMPOS, J. E. G. Integração de dados geológicos, geofísicos e de Sensoriamento Remoto para a locação de poços tubulares em aquíferos fraturados. **Revista Geociências**, UNESP, v. 24, n. 2, p. 173-180, 2005.

MELLO, M. P. de. **Classificação espectro-temporal de imagens orbitais para o mapeamento da colheita da cana-de-açúcar com queima da palha**. 2009. 130f. Dissertação (Mestrado em Sensoriamento Remoto). Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais/INPE, São José dos Campos, 2009.

MENEZES, D. B.; ZUQUETTE, L. V. **Avaliações Metodológicas em estudos geoambientais de bacias hidrográficas: a Bacia do Rio Pardo**. 5º Simpósio Brasileiro de Cartografia Geotécnica e Geoambiental. 291-300. 2004.

NOVO, E. M. L. M. **Sensoriamento Remoto – Princípios e Aplicações**. 2 ed. São Paulo: Edgard Blücher, 1992.

OLIVEIRA, A. M. de. **Valoração Econômica dos Danos Ambientais Causados pela Erosão do Solo Agrícola: um estudo de caso do Município de Santo Antônio**

do Jardim – SP. 113. Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento Econômico, Espaço e Meio Ambiente) - Instituto de economia, Universidade Estadual de Campinas, 2006. Disponível em: <<http://www.bibliotecadigital.unicamp.br/document/?code=vtls000386771>>. Acesso em: 03 set. 2012.

PABLO, C. L. DE; et. al. **Design of a information system for environmental planning and management (SIPA)**. Journal of Environmental Management, New York, v. 40, p. 231-243, 1994.

PAULA, B. L. ; CERRI, L. E. S. . **Aplicação do Processo Analítico Hierárquico (AHP) para Priorização de Obras de Intervenção em Áreas e Setores de Risco Geológico nos Municípios de Itapeverica da Serra e Suzano (SP)**. Geociências (São Paulo) v. 31, p. 247-257, 2012. Disponível em: http://geociencias.no-ip.org/31_2/Art08_Paula_e_Cerri.pdf. Acesso em: 15 out. 2013.

PILACHEVSKY, T. **Zoneamento Geoambiental do Município de São João da Boa Vista (SP)**. Dissertação (Mestrado em Geociências e Meio Ambiente), Universidade Estadual Paulista, *Campus* Rio Claro. São Paulo, 2013.

PINESE JÚNIOR, J. F. **Aplicação do método de análise hierárquica – AHP – para a determinação da Vulnerabilidade Ambiental da bacia hidrográfica do rio Piedade, MG**. Monografia apresentada ao Instituto de Geografia da Universidade Federal de Uberlândia, como requisito parcial à obtenção do título de Geógrafo Bacharel, 2010, 49 f.

PINTO S. F. e GARCIAG. J. **“Experiências de Aplicação de Geotecnologias e Modelos na Análise de Bacias Hidrográficas”**; Revista do Departamento de Geografia, 17 (2005) 30-37

PONÇANO, W.L. et al. **Mapa Geomorfológico do Estado de São Paulo**. São Paulo: Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo, 2 v., 1981. (Publicação IPT 1183 - Monografias 5).

PREFEITURA MUNICIPAL DE ESPÍRITO SANTO DO PINHAL. **Plano Municipal de Desenvolvimento Rural**. Espírito Santo do Pinhal, 1996. 18 p.

RAY, R. G. **Fotografias aéreas na interpretação e mapeamento geológicos**. São Paulo: Instituto Geográfico e Geológico, 1963.

Ribeiro, I.O. **Zoneamentos edafoclimáticos de Hevea brasiliensis, Pinus elliottii var. elliottii e Schizolobium amazonicum, utilizando análise multicritério**. Trabalho de conclusão de curso (Graduação em Engenharia Florestal) – Universidade Federal do Espírito Santo, Alegre, 2011.

RIVERAU, J. C. **Notas de aula do curso de fotointerpretação**. In: semana de estudos, 11. Ouro Preto. Fotografia aérea e aplicações técnicas. Ouro Preto: SICEG, 1972. p. 75-121.

ROSS, J. L. S. **Análises e sínteses na abordagem geográfica da pesquisa para o planejamento ambiental**. Revista do Departamento de Geografia, FFLCH, USP, São Paulo, n. 9, p. 65-75, 1995.

ROSS, J. L. S.; MOROZ, I. C. **Mapa geomorfológico do Estado de São Paulo**. São Paulo: Lab. de Geomorfologia Depto de Geografia FFLCH-USP/Lab. de Cartografia Geotécnica - Geologia Aplicada - IPT/FAPESP, 63 p., 2 vol., 1997. Escala 1:500.000.

SAATY, T.L. **The Analytic Hierarchy Process**. McGraw-Hill Internatioanl. 1980.

SANTOS, R. F. **Planejamento Ambiental: teoria e prática**. São Paulo. Oficina de Textos, 2004.

SEADE. **Fundação Sistema Estadual de Análise de Dados**. Informações dos Municípios Paulistas – IMP. Disponível em: < <http://www.seade.gov.br/produtos/imp/> >. Acesso em: 07 mar. 2013.

SEADE. **Fundação Sistema Estadual de Análise de Dados. IPRS – Índice Paulista de Responsabilidade Social. 2008/2010**. Disponível em: <<http://www.iprsipvs.seade.gov.br/view/index.php?prodCod=1>>. Acesso em: 07 mar. 2013.

SILVA, C. R. da.; DANTAS E. D. **Mapas Geoambientais**. Departamento de Gestão Ambiental, Serviço Geológico do Brasil, 2010. Disponível em: <http://www.cprm.gov.br/publique/media/mapas_geoambientais_SC GG.pdf>. Acesso em: 07 ago. 2012.

SILVA, C. A.; NUNES, F. P. Mapeamento de vulnerabilidade ambiental utilizando o método AHP: uma análise integrada para suporte à decisão no município de Pacoti/CE. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 14., 2009, Natal. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. **Anais...**, Natal, Brasil, 25-30 abril 2009, INPE, p. 5435-5442

SOARES, P.C.; FIORI, A.P. **Lógica e sistemática na análise e interpretação de fotografias aéreas em geologia**. Notícias Geomorfológicas, v.32, n. 6, p. 71-104, 1976. Disponível em: <<http://xa.yimg.com/kq/groups/25309279/363173872/name/soares+%26+fiori.pdf>>. Acesso em: 13 set. 2012.

SOARES, P.C.; FIORI, A.P.; MATTOS, J.T. de. **A lógica de interpretação de fotografias aéreas convencionais aplicadas a imagens de satélite**. In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 1978. Sao Jose dos Campos, anais CNPq/INPE1978, volume 2, pags. 616-627.

TEKNOMO K. **Analytic Hierarchy Process (AHP)**. Tutorial. 2006. Disponível em: <http://people.revoled.com/kardi/tutorial/AHP/>. Acesso em: 15 out. 2013.

THEODOROVICZ, A.; THEODOROVICZ, Â. M. de G. **Projeto Curitiba - Informações Básicas sobre o Meio Físico: subsídios para o planejamento territorial: Folha Curitiba– 1:100.000**. São Paulo: CPRM/COMEC. 1994. 109 p., Mapa.

TORRES, V. A. R.; TESSARINI, L. G. (Org). **História de Espírito Santo do Pinhal. São Paulo.** Data?. 21p.

TRENTIN, R. **Definição de Unidades Geoambientais na Bacia Hidrográfica do Rio Itu - Oeste do RS.** 2007. 142 f. Dissertação (Mestrado em Geografia) - Centro de Ciências Naturais e Exatas, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2007. Disponível em: <http://w3.ufsm.br/ppggeo/files/dissertacoes_06-11/Romario%20Trentin.pdf>. Acesso em: 14 set. 2012.

TRENTIN, R.; et. al. **Mapeamento Geoambiental na bacia Hidrográfica do rio Reúno – RS.** 5º Simpósio Brasileiro de Cartografia Geotécnica e Geoambiental. 215-325. 2004

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA (UNESP). **VPN na Unesp Virtual Private Network ou Rede Virtual Privada.** [2012]. Disponível em: <<http://www.unesp.br/vpn/>>. Acesso em: 24 out. 2012.

UNSTEAD, J.F. A system of regional geography. **Geography**, n. 18, p. 185-187, 1933.

VALENTE, R. de O. A. **Análise da estrutura da paisagem na Bacia do rio Corumbataí, SP.** 2001. 162 f. Dissertação (Mestrado em Recursos Florestais) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2001.

VALERIANO, M. M. (2008). **TOPODATA: guia para utilização de dados geomorfológicos locais.** Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. Relatório INPE-15318-RPQ/818, 75 p.

VALERIANO, D. M. **Processamento digital de dados do MS-Landsat aplicado ao mapeamento da cobertura da terra da planície costeira do rio Tubarão, S.C.:** metodologia e estimativa de exatidão de classificação. Dissertação (Mestrado em Sensoriamento Remoto) – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos, 1985.

VEDOVELLO R. Análise comparativa da técnica de compartimentação fisiográfica de terrenos, por sensoriamento remoto e com a obtenção de unidades básicas de compartimentação fisiográfica de compartimentação (UBCs), em três diferentes regiões do estado de São Paulo. In: CBGE – CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA DE ENGENHARIA E AMBIENTAL, 12., 2008, Ipocuca, PE. **Anais...**, CD-ROM.

VEDOVELLO, R. Aplicação da Cartografia Geoambiental. In: 5º Simpósio Brasileiro de Cartografia Geotécnica e Geoambiental. São Carlos: **Anais**, 2004. CD-ROM.

VEDOVELLO, R.; MATTOS, J.T. A Utilização de Unidades Básicas de Compartimentação (UBCs) como base para a definição de unidades geotécnicas: Uma abordagem a partir de sensoriamento remoto. In: Simpósio Brasileiro de

Cartografia Geotécnica, 3., 1998, Florianópolis. **Anais...** Florianópolis, ABGE, 1998. p.12.

VEDOVELLO, R., et al. 2002. **Compartimentação fisiográfica do litoral norte do estado de São Paulo voltada para a avaliação de terrenos.** In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA DE ENGENHARIA E AMBIENTAL, 10., 2002, Ouro Preto. **Anais...**Ouro Preto: ABGE. (CD-ROM). 10p.

VEITORAZZI, C. A. **Sensoriamento Remoto Orbital.** Apostila. Piracicaba: ESALQ. Departamento de Engenharia Rural, 1992. 134p.

VENEZIANI, P.; ANJOS, C. E. dos. **Metodologia de interpretação de dados de sensoriamento remoto e aplicações em geologia.** Apostila do Curso de Sensoriamento Remoto. São José dos Campos: Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, 1982.

WORLD MAPS of the KÖPPEN-GEIGER climate classification. **WORLD MAPS of the KÖPPEN-GEIGER climate classification.**Institute for VeterinaryPublic Health. Disponível em: <<http://koeppen-geiger.vu-wien.ac.at/present.htm>>. Acessado em: 20 nov. 2012.

ZAINE, J. E. **Método de Fotogeologia aplicado a estudos geológico-geotécnicos:** ensaio em Poços de Caldas, MG. 2011. Tese (Livre docência em Geociências e Meio Ambiente). Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Rio Claro, 2011.

ZUFFO, A. C.; **Seleção e aplicação de métodos multicriteriais ao planejamento ambiental de recursos hídricos.**1998. Tese(Doutorado em Hidráulica e Saneamento) - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade Estadual Paulista, São Carlos, 1998.

ANEXOS

Anexo 1. Ficha para Levantamento Bibliográfico

FICHA PARA LEVANTAMENTO BIBLIOGRÁFICO				
Base Pesquisada:				Data:
Titulo	Autores	Dados da Bibliográfica	Classificação por tema	Classificação por Critério
		Nome: _____ Volume: _____ Número: _____ Ano: _____ Site: _____ Só Impresso: ☐ UNESP ☐ COMUT ☐ Outro	☐ Cartografia Geoambiental; ☐ Compartimentação Fisiográfica ☐ Geotecnologias ☐ Assuntos complementares	☐ Estudo de caso ☐ Outros
		Nome: _____ Volume: _____ Número: _____ Ano: _____ Site: _____ Só Impresso: ☐ UNESP ☐ COMUT ☐ Outro	☐ Cartografia Geoambiental; ☐ Compartimentação Fisiográfica ☐ Geotecnologias ☐ Assuntos complementares	☐ Estudo de caso ☐ Outros
		Nome: _____ Volume: _____ Número: _____ Ano: _____ Site: _____ Só Impresso: ☐ UNESP ☐ COMUT ☐ Outro	☐ Cartografia Geoambiental; ☐ Compartimentação Fisiográfica ☐ Geotecnologias ☐ Assuntos complementares	☐ Estudo de caso ☐ Outros

Anexo 2. Ficha de Campo

Identificação do Ponto		Ficha n°
Localização:		
Coordenadas X	Y	Altitude
Data:		/2013
Síntese das Características Geológicas e Geomorfológicas		
☐ Topo ☐ Meia-encosta ☐ Sopé de encosta ☐ Cabeceira de drenagem ☐ Terraço ☐ Planície alterada ☐ Planície aluvial submersa		
Perfil esquemático do relevo com seção geológica e solos.		
		Perfil de Alteração (em metros)
		0
		1
		2
		3
		4
		5
		6
		7
		8
		9
Caracterização do Terreno		
Rocha	Solo/Sedimento	Feições Tecnogênicas
☐ Aflorante/ sub-aflorante	☐ Residual	☐ Laterítico
☐ Matakão	☐ Aluvionar	☐ Saprolítico
☐ Alterada	☐ Coluvionar	☐ Matéria Orgânica
☐ Sã	☐ Tálus	☐ C/ blocos rochosos
		☐ Aterro ☐ C/ Blocos
		☐ Talude de Corte ☐ Bota Fora
		☐ Caixa de empréstimo
		☐ Outros
Processos geológicos e feições de instabilidade		
☐ Sulcos ☐ Sulcos generalizados ☐ Ravina ☐ Boçoroca ☐ Erosão Linear ☐ Rastejo		
☐ Escorregamento em solo ☐ Escorregamento em rocha ☐ Blocos Potencial ☐ Queda ☐ Rolamento		
☐ Desplacamento ☐ Tombamento ☐ Erosão Fluvial/Solapamento de margens ☐ Inundação ☐ Alagamento		
☐ Depósitos de Assoreamento ☐ Depósito de fluxo de detritos		
Uso da terra		
Observações:		
Fotos (descrição)		

*Observações no verso