

PONTIFÍCIA UNIVERSIDADE CATÓLICA DE MINAS GERAIS
Programa de Pós-Graduação em Geografia
Tratamento da Informação Espacial

Leandro Cosme Oliveira Couto

**Modelagens geocológicas da paisagem de
Corinto e Diamantina, Minas Gerais**

Belo Horizonte
2017

Leandro Cosme Oliveira Couto

**Modelagens geocológicas da paisagem de
Corinto e Diamantina, Minas Gerais**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Geografia – Tratamento da Informação Espacial da Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Geografia

Orientador: Prof. Dr. Luiz Eduardo Panisset Travassos

Belo Horizonte

2017

FICHA CATALOGRÁFICA

Elaborada pela Biblioteca da Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais

C871m Couto, Leandro Cosme Oliveira
Modelagens geocológicas da paisagem de Corinto e Diamantina, Minas Gerais / Leandro Cosme Oliveira Couto. Belo Horizonte, 2017.
118 f. : il.

Orientador: Luiz Eduardo Panisset Travassos
Dissertação (Mestrado) – Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais.
Programa de Pós-Graduação em Geografia - Tratamento da Informação Espacial.

1. Paisagens - Corinto (MG). 2. Paisagens - Diamantina (MG). 3. Geologia ambiental. 4. Geodiversidade. 5. Carste. I. Travassos, Luiz Eduardo Panisset. II. Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais. Programa de Pós-Graduação em Geografia - Tratamento da Informação Espacial. III. Título.

SIB PUC MINAS

CDU: 551.4(815.12)

Leandro Cosme Oliveira Couto

**Modelagens geocológicas da paisagem de
Corinto e Diamantina, Minas Gerais**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Geografia – Tratamento da Informação Espacial da Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Geografia

Prof. Dr. Luiz Eduardo Panisset Travassos
(Co-Orientador – PUC Minas)

Prof. Dr. João Henrique Rettore Totaro
(PUC Minas)

Prof. Dr. Ricardo Galeno Fraga de Araujo Pereira
(UFBA)

Belo Horizonte, 23 de fevereiro de 2017.

AGRADECIMENTOS

Gratidão plena:

Aos meus Pais, meu irmão Vanilson e a Deus.

Ao Professor Doutor Luiz Eduardo Panisset Travassos (*Jedi Master*), cujo excelente esforço de orientação se desdobrou em indicações, correções, apoios e conversas precisas, permitindo-me tornar mais confiante e preparado para vivências no meio acadêmico.

Aos Professores Doutores João Henrique Rettore Totaro e Alecir Antônio Maciel Moreira, que qualificaram esta dissertação e a elevaram a uma melhor qualidade para a Defesa.

À Fundação de Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (Capes), pelo financiamento fundamental da Bolsa de Estudos.

À Roselane Guimarães por solicitamente compartilhar os dados que havia consolidado na ocasião de seu Mestrado.

Ao Bruno Durão e ao professor Panisset pela realização do trabalho de campo final, o qual nos permitiu visão panorâmica da área de estudos.

RESUMO

Esta dissertação busca a aplicação de três tipos de modelagens geológicas na paisagem no contato entre a planície do Rio das Velhas e a Serra do Espinhaço Meridional. Esta área surge como amostra representativa de ampla diversidade geológica em razão de sua localização. A pesquisa baseou-se nos conceitos de paisagem e de geossistemas, norteados os trabalhos de campo, e permitiu a aplicação de modelagens morfodinâmica, de vulnerabilidade natural à perda de solo e vulnerabilidades natural e ambiental. Os dados digitais fornecidos por órgãos oficiais foram levantados e consolidados, permitindo a realização de três transectos e a identificação de 04 geossistemas na área de estudos. De oeste para leste, partindo do município de Corinto até Diamantina, tem-se a *Planície do Rio das Velhas*, o *Carste de Monjolos*, a *Serra do Cabral* e a *Serra do Espinhaço Meridional*, sendo este último compartimento composto por 03 geofácies (*Face Oeste*, *Interflúvio* e *Face Leste*). Estes geossistemas confirmam a geodiversidade existente no contato entre a planície do Rio das Velhas, onde o *Carste de Monjolos* é o geossistema mais frágil e susceptível a impactos, e a Serra do Espinhaço Meridional, cujos atributos físicos são resistentes, porém a cobertura vegetal determinante na fragilidade ambiental.

Palavras-chave: Paisagem; geossistema; carste; Serra do Espinhaço Meridional.

ABSTRACT

This research seeks the application of three types of landscape geoecological modelling in the contact between the plains of the Velhas River and the South Espinhaço Ridge. This area appears as a representative example of wide geoecological diversity due to its location. The research was based on the concepts of landscape and geosystems, fieldwork, and the application of morphodynamic modelling. The modelling comprised natural vulnerability to soil loss and natural and environmental vulnerability. The digital data provided by official organizations were gathered and consolidated, allowing the elaboration of three profiles and the identification of 04 geosystems in the study area. From west to the east, starting from the municipality of Corinto in direction to Diamantina, there are the Plains of the Velhas River, the Monjolos Karst, the Cabral Ridge and the South Espinhaço Ridge. These geosystems confirm the geodiversity existing in the contact between the plains of the Velhas River, where the Monjolos Karst is the most fragile geosystem and very susceptible to impacts. The South Espinhaço Ridge presented resistant physical attributes, but the environmentally fragile when one analyses vegetation cover.

Keywords: Landscape; Geosystem; Karst; Espinhaço Meridional Ridge

LISTA DE FIGURAS

Figura 01 – Mapas de localização da área de estudo.....	15
Figura 02 – Visada NNW das coordenadas 18,28° S e 44,04° W.	17
Figura 03 – Fluxograma da Álgebra de Mapas.	21
Figura 04 – Mapa de domínios morfoclimáticos brasileiros.	27
Figura 05 – Gradação dos valores modelados no contínuo morfodinâmico.	33
Figura 06 – Mapa do trajeto do trabalho de campo inicial.....	40
Figura 07 – Mapa hidrográfico da área de estudo.	42
Figura 08 – Mapa litológico da área de estudo.	44
Figura 09 – Mapa hipsométrico da área de estudo.	46
Figura 10 – Visada NNW do Ponto de Controle 04 (18,28° S e 44,04° W) e Perfil Altimétrico Oeste-Leste.	48
Figura 11 – Mapa de declividade na área de estudo.	50
Figura 12 – Visada ESE do Ponto de Controle 05 (18,29° S e 43,84° W).	50
Figura 13 – Mapa da rugosidade topográfica da área de estudo.	51
Figura 14 – Mapa do potencial espeleológico na área de estudo.	53
Figura 15 – Mapa da cobertura pedológica na área de estudo.	55
Figura 16 – Enfoque nas áreas de validação de campo e registros dos tipos de solos identificados no trabalho de campo inicial.	57
Figura 17 – Mapa de solos adaptado de Guimarães (2012).	58
Figura 18 – Mapa da distribuição climática na área de estudo.....	59
Figura 19 – Mapa da hipsometria nas áreas de validação em campo.....	61
Figura 20 – Mapa da rugosidade topográfica nas áreas de validação em campo.....	62
Figura 21 – Mapas da cobertura vegetal nas áreas de estudo e de validação em campo.	63
Figura 22 – Cobertura vegetal campestres no Ponto de Controle 05.	64
Figura 23 – Remanescentes de matas Secas sobre a região cárstica de Monjolos.	65

Figura 24 – Remanescentes de matas Secas sobre a região cárstica de Monjolos, próximos ao Ponto de Controle 03.	66
Figura 25 – Mapa dos transectos nas áreas de validação de campo.	68
Figura 26 – Transecto na área de validação de campo Oeste.	70
Figura 27 – Transecto na área de validação de campo Central.	72
Figura 28 – Transecto na área de validação de campo Leste.	74
Figura 29 – Mapa de Geossistemas na área de estudo.	75
Figura 30 – Mapa do modelo morfodinâmico na área de estudo.	77
Figura 31 – Mapa de vulnerabilidade natural à perda de solo na área de estudo.	81
Figura 32 – Calcário margoso (impuro) nas margens da rodovia MG 220, próximo ao Ponto de Controle 03.	84
Figura 33 – Mapa de Vulnerabilidade Natural na área de estudo.	86
Figura 34 – Mapa de Vulnerabilidade Ambiental na área de estudo.	88
Figura 35 – Visada ENE das coordenadas 18,36° S e 44,27° W: área antropizada por pastagem abandonada sobre cambissolos em relevo suave ondulado.	91
Figura 36 – Visada NNW das coordenadas 18,28° S e 44,04° W: mata de galeria do Ribeirão das Varas e cobertura vegetal nativa campestre sobre maciço de Calcário Margoso bordejado por escarpas.	91
Figura 37 – Mapa de variação do modelo de Vulnerabilidade Natural na área de estudo.	97
Figura 38 – Ampliação: Visada NNW do Ponto de Controle 04 (18,28° S e 44,04° W).	104
Figura 39 – Ampliação: Visada ESE do Ponto de Controle 05 (18,29° S e 43,84° W).	104
Figura 40 – Ampliação: Mapa litológico da área de estudo.	105
Figura 41 – Ampliação: Mapa hipsométrico da área de estudo.	106
Figura 42 – Ampliação: Mapa de declividade na área de estudo.	107
Figura 43 – Ampliação: Mapa da rugosidade topográfica da área de estudo.	108
Figura 44 – Ampliação: Mapa do potencial espeleológico na área de estudo.	109
Figura 45 – Ampliação: Mapa da cobertura pedológica na área de estudo.	110
Figura 46 – Ampliação: Mapa da cobertura vegetal na área de estudo.	111
Figura 47 – Ampliação: Mapa da cobertura vegetal na área de validação de campo.	112

Figura 48 – Ampliação: Mapa dos transectos nas áreas de validação de campo.	113
Figura 49 – Ampliação: Mapa de Geossistemas na área de estudo.....	114
Figura 50 – Ampliação: Mapa do modelo morfodinâmico na área de estudo.....	115
Figura 51 – Ampliação: Mapa de vulnerabilidade natural à perda de solo na área de estudo.	116
Figura 52 – Ampliação: Mapa de Vulnerabilidade Natural na área de estudo.....	117
Figura 53 – Mapa de Vulnerabilidade Ambiental na área de estudo.....	118

LISTA DE QUADROS

Quadro 01 – Coordenadas limite das áreas selecionadas para validação das modelagens em campo.	17
Quadro 02 – Etapas metodológicas.	18
Quadro 03 – Correlação entre a definição de paisagem de Bertrand (2004) e os princípios orientadores da Geografia Tradicional indicados por Amorim Filho (2006).....	25
Quadro 04 – Domínios paisagísticos brasileiros conforme Ab’Saber (2003).	26
Quadro 05 – Parâmetros e valores para modelagem morfodinâmica da paisagem com base em Tricart (1977).....	32
Quadro 06 – Variações de intensidade no contínuo morfodinâmico.	34
Quadro 07 – Pontos de Controle do trabalho de campo inicial.	41
Quadro 08 – Estratigrafia nas áreas de validação em campo.	45
Quadro 09 – Grau de potencialidade de ocorrência de cavernas conforme litologia.	52
Quadro 10 – Correspondência entre fitofisionomias e porte vegetal.	64
Quadro 11 – Distribuição espacial e meio morfodinâmico predominante nos geossistemas da área de estudo.	78
Quadro 12 – Distribuição espacial e Vulnerabilidade Natural predominante nos geossistemas da área de estudo.....	87
Quadro 13 – Distribuição espacial e Vulnerabilidade Ambiental predominante nos geossistemas da área de estudo.....	89
Quadro 14 – Resultados modelados predominantes nos geossistemas da área de estudo.....	90

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 01 – Distribuição percentual dos pixels em cada classe da modelagem morfodinâmica, baseada em Tricart (1977), aplicada à área de estudo.....	76
Gráfico 02 – Distribuição percentual dos pixels nas classes da modelagem da vulnerabilidade natural à perda de solo, baseada em Crepani et al. (2001), aplicada à área de estudo.	82
Gráfico 03 – Distribuição percentual dos pixels nas classes da modelagem da Vulnerabilidade Natural, baseada em Jansen (2013), aplicada à área de estudo.	85
Gráfico 04 – Distribuição percentual dos pixels nas classes da modelagem da Vulnerabilidade Ambiental, baseada em Jansen (2013), aplicada à área de estudo.	87

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	13
1.1. LOCALIZAÇÃO E IMPORTÂNCIA DA ÁREA DE ESTUDO	14
1.2. MÉTODO, TÉCNICAS E MATERIAIS	18
2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	23
2.1. MODELAGENS GEOECOLÓGICAS DA PAISAGEM.	23
2.2. ENFOQUE MORFOCLIMÁTICO E FITOGEOGRÁFICO.....	25
2.3. ENFOQUE GEOSISTÊMICO.....	28
2.4. ENFOQUE MORFODINÂMICO	30
2.5. VULNERABILIDADE NATURAL À PERDA DE SOLO	34
2.6. VULNERABILIDADES NATURAL E AMBIENTAL.....	37
3. CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO.....	40
3.1. ASPECTOS GEOLÓGICOS	43
3.2. ASPECTOS GEOMORFOLÓGICOS	46
3.3. AS CAVIDADES NATURAIS SUBTERRÂNEAS.	51
3.4. COBERTURA PEDOLÓGICA	54
3.5. ASPECTOS CLIMÁTICOS	58
3.6. ASPECTOS HIDROGRÁFICOS	60
3.7. COBERTURA VEGETAL	62
4. ANÁLISES GEOECOLÓGICAS DA PAISAGEM DE CORINTO E DIAMANTINA .	67
4.1. GEOSISTEMAS	69
4.2. MEIOS MORFODINÂMICOS	76
4.3. VULNERABILIDADE NATURAL À PERDA DE SOLO	80
4.4. VULNERABILIDADES NATURAL E AMBIENTAL.....	85
4.5. ANÁLISE INTEGRADA DOS MODELOS	89
5. CONSIDERAÇÕES FINAIS	94
REFERÊNCIAS	99
APÊNDICES	104

1. INTRODUÇÃO

*“Digo: o real não está na saída nem na chegada: ele se dispõe para a gente é no meio da travessia.”
(J. Guimarães Rosa, O Grande Sertão: Veredas.)*

O tema escolhido para esta dissertação se traduz na análise geocológica voltada à compreensão sistêmica da paisagem circunscrita pelos limites das Cartas Topográficas SE-23-Z-A-II (Corinto, MG) e SE-23-Z-A-III (Diamantina, MG). A paisagem destas Cartas Topográficas está localizada no Espinhaço Meridional e Planície do Rio das Velhas, correspondendo a uma amostra do contato geológico entre o Supergrupo Espinhaço e o Grupo Bambuí. Além de considerável diversidade biogeográfica, a área abarca considerável geodiversidade, que se manifesta na diversidade, geológica, geomorfológica e pedológica. Outros trabalhos de análise ambiental ou mapeamento foram desenvolvidos na paisagem de contato entre o Supergrupo Espinhaço e o Grupo Bambuí (TRAVASSOS; GUIMARÃES; VARELA, 2008; GUIMARÃES; TRAVASSOS; LINKE, 2011; RODRIGUES, 2011; GUIMARÃES, 2012; RODRIGUES; TRAVASSOS, 2013; JANSEN, 2013), porém não foram esgotados os estudos possíveis. Assim, com o objetivo de dar continuidade às pesquisas em um carste de contato, deseja-se realizar outras análises com base em Tricart (1977); Sotchava (1977); Christofolletti (1999); Monteiro (2001); Crepani et al. (2001); Ab’Saber (2003)¹; Bertrand (2004)²; Troppmair e Galina (2006) e Jansen (2013).

Nesse cenário, o trabalho busca a análise geocológica da paisagem de uma área amostral do contato geológico entre o Supergrupo Espinhaço e o Grupo Bambuí, considerando como objetos específicos tanto os conceitos, metodologias e técnicas aplicadas, quanto à geodinâmica existente.

Como objetivo geral pretende-se analisar as condições geocológicas da paisagem circunscrita pelos limites das Cartas Topográficas SE-23-Z-A-II (Corinto, MG) e SE-23-Z-A-III (Diamantina, MG) através de diferentes modelagens de sistemas ambientais. Para tal, serão desenvolvidos os seguintes objetivos específicos:

¹ Coletânea de artigos, destacando-se o capítulo 01 – “Mares de Morros”, Cerrados e Caatingas: Geomorfologia Comparada, publicado originalmente em Mário Guimarães Ferri – *Simpósio sobre o Cerrado*, São Paulo, Edusp, 1963, e o capítulo 02 – Potencialidades paisagísticas brasileiras, publicado originalmente em **Recursos Naturais, Meio Ambiente e Poluição**, Rio de Janeiro, IBGE/Supren, 1977.

² Trabalho publicado originalmente na “Revue Géographique des Pyrénées et du Sud-Ouest”, Toulouse, v. 39, n. 3, p. 249-272, 1968, sob título: **Paysage et géographie physique globale. Esquisse méthodologique**. Tradução de Olga Cruz publicado no Brasil no **Caderno de Ciências da Terra**, do Instituto de Geografia da Universidade de São Paulo (USP), n. 13, 1972.

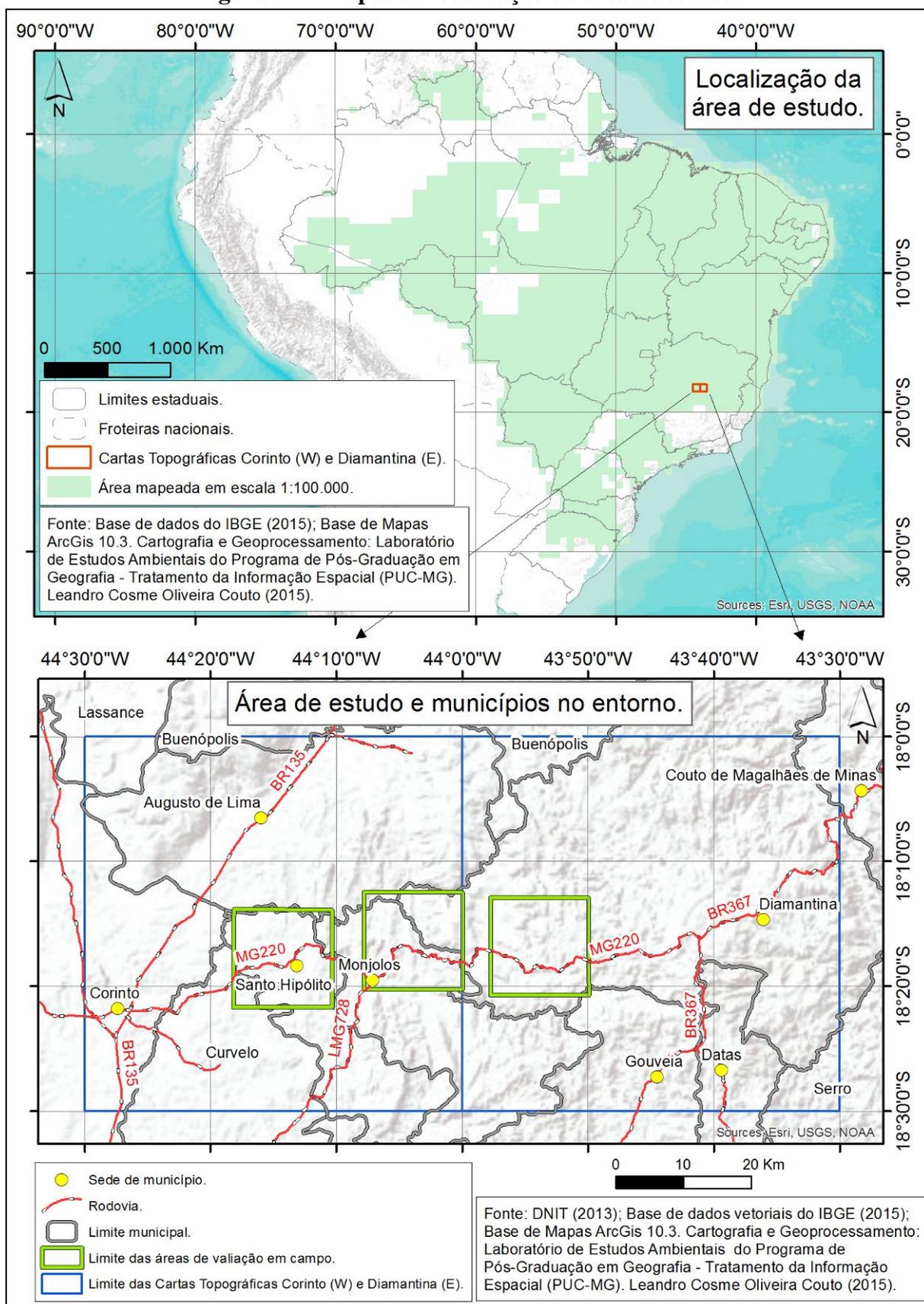
- a) Sistematizar modelagens de sistemas ambientais compatíveis aos enfoques geossistêmico (SOTCHAVA, 1977; CHRISTOFOLETTI, 1999; MONTEIRO, 2001; BERTRAND, 2004; TROPMAIR; GALINA, 2006), morfodinâmico (TRICART, 1977), morfoclimático e fitogeográfico (AB'SABER, 2003), bem como os aspectos relativos às vulnerabilidades natural e ambiental (CREPANI et al., 2001; JANSEN, 2013).
- b) Caracterizar os principais aspectos geográficos e ecológicos da paisagem circunscrita pelos limites das Cartas Topográficas SE-23-Z-A-II (Corinto, MG) e SE-23-Z-A-III (Diamantina, MG), a saber: geológicos, geomorfológicos, cavidades naturais subterrâneas, pedológicos, climatológicos, hidrográficos e fitogeográficos (cobertura vegetal).
- c) Realizar três modelagens de sistemas ambientais para compreensão morfodinâmica, da vulnerabilidade natural à perda de solo e das vulnerabilidades natural e ambiental da paisagem circunscrita pelos limites das Cartas Topográficas SE-23-Z-A-II (Corinto, MG) e SE-23-Z-A-III (Diamantina, MG), discernindo enfoque geossistêmico e enfoque em domínios morfoclimáticos e fitogeográficos.
- d) Validar, com enfoque geossistêmico, as três modelagens produzidas por meio de trabalho de campo em três áreas amostrais distintas, sendo uma localizada sobre rochas do Grupo Bambuí, outra localizada sobre o contato entre Grupo Bambuí e Supergrupo Espinhaço e ainda outra localizada sobre o Supergrupo Espinhaço.

1.1. Localização e importância da área de estudo

A área ocupada pelo recorte espacial das Cartas Topográficas SE-23-Z-A-II (Corinto, MG) e SE-23-Z-A-III (Diamantina, MG) se estende por 5.834 Km², tendo amplitude de 55,3 Km no sentido N-S e 105,5 Km no sentido E-W. Conforme figura 01, a área abarca porções dos territórios dos municípios mineiros de Augusto de Lima, Buenópolis, Corinto, Couto de Magalhães de Minas, Curvelo, Datas, Diamantina, Gouveia, Monjolos, Santo Hipólito e Serro, distando aproximadamente 250 km ao norte de Belo Horizonte, capital do Estado.

O acesso à área, a partir de Belo Horizonte, pode ser realizado 1) por meio da sequência de trechos das rodovias BR-040 (sentido Brasília), BR-135 (sentido Corinto) e MG-220 (sentido Diamantina), bem como 2) pela sequência de trechos das rodovias MG-010 (sentido Serro), BR-259 (sentido Datas) e BR-367 (sentido Diamantina).

Figura 01 – Mapas de localização da área de estudo.



Fonte: Elaborado pelo autor, 10/2015.

A paisagem circunscrita pelos limites das cartas topográficas selecionadas é uma amostra representativa da complexidade de vários aspectos geocológicos brasileiros. Na região ocorrem, principalmente, os seguintes aspectos:

- O contato geológico entre o Supergrupo Espinhaço e o Grupo Bambuí, localizado no Espinhaço Meridional e abarcando considerável diversidade geológica;
- O contato entre uma região cárstica tradicional (litologia predominante de calcarenitos) e outra região cárstica não tradicional³ (litologia predominante de quartzitos);
- O contato geomorfológico entre os compartimentos de relevo Depressão São Franciscana e Serra do Espinhaço, implicando elevado gradiente altimétrico;
- O contato entre as bacias hidrográficas do Rio São Francisco, através da sub bacia do Rio das Velhas, e do Rio Jequitinhonha;
- O contato fitogeográfico entre os Biomas Cerrado e Mata Atlântica, implicando uma cobertura vegetal anastomosada com fitofisionomias campestres, savânicas e florestais.

Becker (2012) afirma que os fatos do espaço são sempre singulares, visto que cada fato se situa na interseção de processos diversos. Assim sendo, para a dissertação, reconhece-se que cada um desses contatos possui relevância geográfica e/ou ecológica por si só, ao passo que a conjugação da ocorrência deles em uma mesma paisagem multiplica a relevância da área para fins de estudo, pesquisa, conservação e preservação ambientais.

As três áreas selecionadas para validação das modelagens em campo estão georreferenciadas conforme quadro 01. Tomadas em conjunto e em sequência, as áreas de validação de campo Oeste, Central e Leste correspondem à realização de um perfil pertinente aos diversos aspectos ambientais da face oeste da Serra do Espinhaço.

³ Terminologia utilizada por Andreychuk *et al.* (2009); Travassos (2010); Guimarães, Travassos e Linke (2011); Jansen (2013).

Quadro 01 – Coordenadas limite das áreas selecionadas para validação das modelagens em campo.

Área Oeste (sobre o Grupo Bambuí)	UTM (SIRGAS2000)	
	Y	X
Extremidade NW	7984082,269213	573679,464635
Extremidade NE	7984012,885473	587485,631923
Extremidade SE	7969627,011123	587406,905054
Extremidade SW	7969697,827403	573611,019779
Área Central (sobre o contato entre Grupo Bambuí e Supergrupo Espinhaço)	UTM (SIRGAS2000)	
	Y	X
Extremidade NW	7986608,513360	591936,129030
Extremidade NE	7986539,129620	605742,296318
Extremidade SE	7972153,255270	605663,569449
Extremidade SW	7972224,071550	591867,684174
Área Leste (sobre o Supergrupo Espinhaço)	UTM (SIRGAS2000)	
	Y	X
Extremidade NW	7985686,374472	609634,509021
Extremidade NE	7985616,990732	623440,676309
Extremidade SE	7971231,116382	623361,94944
Extremidade SW	7971301,932662	609566,064165

Fonte: Elaborado pelo Autor e adaptado de Guimarães (2012)⁴.

A figura 02 ilustra os contatos: 1) à direita na foto (leste), em primeiro plano, rochas do Supergrupo Espinhaço (considerado carste não tradicional por alguns autores), compondo formação de relevo serrana com vegetação campestre; 2) no centro, planície cárstica tradicional ocupada por atividades agropecuárias e mata de galeria; 3) à esquerda na foto (oeste), em plano de fundo, afloramentos de rochas do Grupo Bambuí (carste tradicional), compondo formação de relevo com escarpas e maciços rochosos recobertos por vegetação de matas secas.

Figura 02 – Visada NNW das coordenadas 18,28° S e 44,04° W.⁵



Fonte: Elaborada pelo autor, 19/06/2015.

⁴ Conversão de Coordenadas Geográfica para UTM feita através de Calculadora Geográfica do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), disponível em <<http://www.dpi.inpe.br/calcula/>>.

⁵ Figura ampliada e incluída no Apêndice desta Dissertação.

Ao estudar essa paisagem, Rodrigues (2011) e Rodrigues e Travassos (2013) afirmam que a região é uma porção do espaço mineiro de extrema representatividade no cenário internacional e nacional. Respectivamente, contém extensas áreas recobertas por rochas carbonáticas do Grupo Bambuí bordeadas pela porção ocidental da Serra do Espinhaço, amplamente estudadas no século XIX pelo naturalista dinamarquês Peter Wilhelm Lund (1801-1880), ao mesmo tempo em que se situa no início da região dos sertões mineiros retratada na literatura do escritor mineiro J. Guimarães Rosa (1908-1967).

1.2. Método, técnicas e materiais

As análises propostas são levadas a termo através de método predominantemente dedutivo, com abordagem sistêmica, sequenciado nas etapas apresentadas no quadro 02.

Quadro 02 – Etapas metodológicas.

ETAPAS DO PROCEDIMENTO DEDUTIVO	ETAPAS DESENVOLVIDAS NESTE TRABALHO
Experiências perceptivas	Trabalho de campo inicial
Imagem da estrutura do mundo real	
Modelo <i>a priori</i>	Compilação de enfoques e modelagens de sistemas ambientais morfodinâmica (Tricart, 1977), de vulnerabilidade natural à perda de solo (CREPANI et al., 2001) e de vulnerabilidades natural e ambiental (JANSEN, 2013), compatíveis aos enfoques morfoclimático e fitogeográfico (AB'SABER, 2003) e geossistêmico (SOTCHAVA, 1977; TROPPEMAIR, 2000a; TROPPEMAIR, 2000b; MONTEIRO, 2001; BERTRAND, 2004; TROPPEMAIR; GALINA, 2006).
Coleta de dados	Consolidação da base de dados digital
Projeto experimental (definição classificação, mensuração)	Modelagens computacionais de sistemas ambientais e álgebra de mapas
Procedimentos de verificação	Trabalho de campo final
Explicação	Análises geoecológicas

Fonte: Adaptado de Christofolletti (1999).

As técnicas de trabalho utilizadas são os trabalhos de campo, modelagem computacional e a álgebra de mapas. Em 19, 20 e 21/06/2015 foi realizado trabalho de campo na área de estudo e entorno para realização de observações iniciais sobre a localização e singularidade da paisagem. Tal trabalho teve enfoque nas referências teóricas de Tricart

(1977), Sotchava (1977), Christofolletti (1979), Monteiro (2001), Bertrand (2004) e Troppmair e Galina (2006), acrescidas de Christofolletti (1999) e Ab'Saber (2003).

Dando sequência à caracterização da paisagem da área de estudo, buscaram-se outros trabalhos já realizados, em especial aqueles desenvolvidos no âmbito do Programa de Pós-Graduação em Geografia da PUC Minas, para dar continuidade às pesquisas de Travassos, Guimarães e Varela (2008), Guimarães, Travassos e Linke (2011), Rodrigues (2011), Guimarães (2012), Jansen (2013) e Rodrigues e Travassos (2013).

Foram aplicadas três modelagens ambientais, por meio da técnica de geoprocessamento, denominada Álgebra de Mapas (ou Análise Multicritério), aplicada ao elemento mínimo de arquivos raster (*pixel – picture element*), sendo:

- Modelagem dos meios morfodinâmicos: adaptada de Tricart (1977);
- Modelagem da vulnerabilidade natural à perda de solo: proposta por Crepani et al. (2001) e inspirada em Tricart (1977);
- Modelagem das vulnerabilidades natural e ambiental: realizada por Jansen (2013) e adaptada de Crepani et al. (2001).

A técnica de Álgebra de Mapas demanda a conversão dos dados digitais espaciais vetoriais para o formato raster (matricial), com os diferentes atributos do banco de dados de cada aspecto da paisagem convertidos em valores matemáticos respectivos, os quais são equacionados resultando em um dado espacial final.

Os valores matemáticos utilizados na modelagem dos meios morfodinâmicos são definidos de maneira relativa com base na fundamentação teórica de Tricart (1977), sendo 01, para aspectos ambientais favoráveis à morfogênese, 02, para aspectos ambientais intermediários, e 03, para os aspectos favoráveis à pedogênese. Os valores matemáticos utilizados na modelagem da vulnerabilidade natural à perda de solo são os definidos por Crepani et al. (2001), propositores da modelagem. Por fim, os valores e ponderação dos diferentes atributos utilizados na modelagem das vulnerabilidades natural e ambiental seguem o proposto por Jansen (2013).

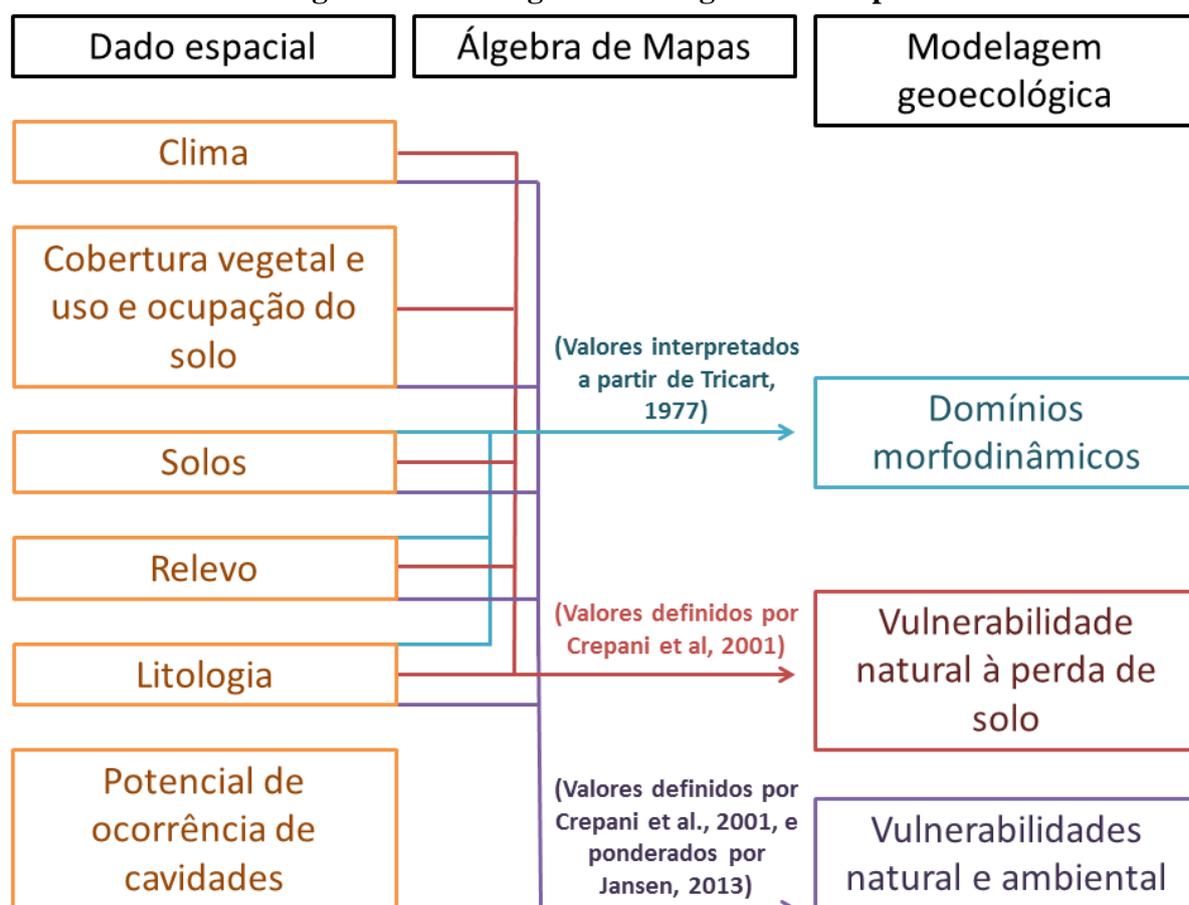
A figura 03 apresenta fluxograma que esquematiza os aspectos ambientais utilizados na álgebra de mapas para cada uma das modelagens propostas. Destaca-se a condição progressiva paulatina de complexidade, com a modelagem baseada em Tricart (1977) utilizando três aspectos, a modelagem baseada em Crepani et al. (2001), cinco aspectos, e a modelagem baseada em Jansen (2013), seis aspectos.

A execução desta pesquisa demanda a utilização material de um *software* especializado em Sistemas de Informações Geográficas (SIG) e de dados digitais da área de estudo consolidados. Assim, utilizou-se o *software* ArcGIS[®] 10.3, disponibilizado pelo Laboratório de Estudos Ambientais do Programa de Pós-Graduação em Geografia – Tratamento da Informação Espacial da PUC Minas. Por sua vez, os dados digitais vetoriais (formato *shapefile*) utilizados neste trabalho foram produzidos e disponibilizados por entidades governamentais via Internet, sendo:

- Dados planialtimétricos: curvas de nível produzidas pelo Departamento de Serviço Geográfico (DSG) do Exército Brasileiro, para a Carta Topográfica SE-23-Z-A-II (Corinto, MG), e pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), para a Carta Topográfica SE-23-Z-A-III (Diamantina, MG), em escala 1:100.000, disponibilizados pelo Sistema Estadual de Meio Ambiente (Sisema) com projeção geográfica no Datum Horizontal WGS 84; hidrografia disponibilizadas pela Agência Nacional de Águas (ANA), em escala 1:1.000.000 com projeção geográfica no Datum Horizontal SAD 69; e rodovias produzida pelo Departamento Nacional de Infraestrutura e Transportes (DNIT), em escala 1:1.000.000, com projeção geográfica no Datum Horizontal WGS 84;
- Dados geológicos (litologia e estrutura): Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais (CPRM), para a Carta Topográfica SE-23-Z-A-II (Corinto, MG), e Companhia de Desenvolvimento de Minas Gerais (CODEMIG) para a Carta Topográfica SE-23-Z-A-III (Diamantina, MG), ambos em escala 1:100.000 e respectivamente com projeções geográficas no Datum Horizontal SAD 69 e WGS 84;
- Dados espeleológicos (localização pontual de cavidades naturais subterrâneas): Centro Nacional de Pesquisa e Conservação de Cavernas (CECAV) do Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade (ICMBio), para o território nacional, com projeção geográfica no Datum Horizontal SIRGAS 2000;
- Dados pedológicos (tipologia de solos): Departamento de Solos (DPS) da Universidade Federal de Viçosa (UFV) para o território de Minas Gerais, em escala 1:650.000 e projeção geográfica no Datum Horizontal WGS 84;
- Dados fitogeográficos (tipologia de cobertura vegetal no ano de 2009): Instituto Estadual de Floresta (IEF) de Minas Gerais⁶, para o território de estadual, em escala 1:60.000 e projeção geográfica no Datum Horizontal WGS 84.

⁶ Os dados digitais do mapeamento da cobertura vegetal do estado de Minas Gerais em 2009, bem como os dados das curvas de nível também do estado de Minas Gerais, foram obtidos concomitantemente no *webgis* disponível em: <http://geosisemanet.meioambiente.mg.gov.br/zee/>, Acesso em jan. de 2016.

Figura 03 – Fluxograma da Álgebra de Mapas.



Fonte: Elaborado pelo autor.

Considerando principalmente o refinamento dos dados fitogeográficos e de uso e ocupação do solo, também foram utilizadas imagens do satélite *Landsat 8* disponibilizadas pelo *United States Geological Survey* (USGS) para acesso gratuito via Internet (<http://earthexplorer.usgs.gov/>). Esse satélite possui órbita operacional a 705 km de distância da superfície média terrestre, com resolução temporal de 16 dias, resolução radiométrica de 16 Bits, 02 sensores que somados totalizam 11 bandas espectrais, sendo o sensor OLI para resolução espectral nas bandas 1 a 8 com 30 metros de resolução espacial, enquanto o sensor TIRS para resolução espectral na banda 9 com 15 m e nas bandas 10 e 11 com 100 metros. Cada imagem deste satélite possui faixa de largura (área de abrangência) de 170 por 185 km na projeção geográfica no Datum Horizontal WGS 84. Nesse cenário, foram adquiridas as imagens da faixa 73 no alinhamento 218 (região de Monjolos, MG), nas bandas 01 a 9 (destaque para as bandas 2, azul, 3, verde, e 4, vermelha, e 9, pancromática) datadas de 08/2014 (período seco, com pouca nebulosidade).

Os dados de satélites foram tratados para correção de incongruências topológicas e nos bancos de dados dos arquivos vetoriais, além de ajustagem ao Datum Horizontal SIRGAS

2000 conforme estabelecido pela FIBGE (2005). Como tratamento digital da imagem de satélite, realizou-se o procedimento de composição colorida verdadeira, com as imagens das bandas 2, 3 e 4 canalizadas respectivamente para as cores azul, verde e vermelha.

Após a realização desses procedimentos, os dados foram considerados consolidados, paralelamente tendo sido realizada a compilação teórica das modelagens de sistemas ambientais (Capítulo 02) compatíveis aos enfoques *morfodinâmico* de Tricart (1977), *geossistêmico* de Sotchava (1977) e Bertrand (2004) – citados por Christofolletti (1999), Monteiro (2001) e Troppmair e Galina (2006) – e *morfoclimático e fitogeográfico* de Ab’Saber (2003). Além disso, aspectos das vulnerabilidades natural e ambiental de Crepani et al. (2001) e Jansen (2013) foram abordados. Os dados consolidados foram, por sua vez, considerados aptos a serem posteriormente utilizados na caracterização da área de estudo (Capítulo 03) e na aplicação dos modelos ambientais estudados (Capítulo 04).

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

*“É junto dos ‘bão’ que a gente fica ‘mió’.”
(J. Guimarães Rosa.)*

2.1. Modelagens geocológicas da paisagem.

O esforço de realização de modelagens geocológicas da paisagem demanda o entendimento claro e integrado dos conceitos de modelo e de ecologia da paisagem (ou geoeecologia). Christofolletti (1999) reconhece a existência de diferentes nuances no significado desses termos e outros autores (BARROSO; ABREU, 2003; MONTEIRO, 2001; BERTRAND, 2004) igualmente atentam para o necessário refinamento da compreensão de *modelo* e de *paisagem*. Esta dissertação toma como referência a definição conferida por Christofolletti (1999, p.08), para o qual modelo:

(...) de modo geral, pode ser compreendido como sendo ‘qualquer representação simplificada da realidade’ ou de um aspecto do mundo real que surja como interesse ao pesquisador, que possibilite reconstruir a realidade, prever um comportamento, uma transformação ou uma evolução. (...)

Essa definição embasa o entendimento integrado dos termos “modelo” aos termos “geoeecologia” e “paisagem”, visto que se pretendem fazer representações (modelagens) do aspecto (geoeecológico) do mundo real (paisagem). Christofolletti (1999) apoia sua definição no conceito de modelo considerado ainda o mais adequado, de autoria Haggett e Chorley (1975):

Modelo é uma estrutura simplificada da realidade que supostamente apresenta, de forma generalizada, características ou reações importantes. Os modelos são aproximações altamente subjetivas, por não incluírem todas as observações ou medidas associadas, mas são valiosos por obscurecerem detalhes acidentais e por permitirem o aparecimento dos aspectos fundamentais da realidade. (HAGGETT; CHORLEY, 1975 *apud* CHRISTOFOLETTI, 1999, p.08)

A condição altamente subjetiva dos modelos, ao mesmo tempo “obscurecendo detalhes acidentais” e permitindo o “aparecimento de aspectos fundamentais”, justifica a adoção de enfoques que parametrizem, teórica e praticamente, diferentes modelagens da

paisagem, a exemplo de Bertrand (2004, p.141), referência francesa no pensamento geossistêmico, ao definir o termo paisagem:

(...) o estudo das paisagens não pode ser realizado senão no quadro de uma geografia física global.

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

A definição de Bertrand sustenta a unidade do pensamento geográfico outrora sustentado pelos pensamentos de Paul Vidal de La Blache (1845 a 1918) e de Alfred Hettner (1859 a 1941), conforme destaca Amorim Filho (2006, p. 39):

(...) tendo ambos trabalhado com um conceito de região geográfica, de caráter integrador, no qual a descrição da paisagem tinha o papel principal. Esta paisagem não era somente física, ou apenas humana, mas, sim, física (enquanto ambiente que se oferece à ação da sociedade) e humana (enquanto obras e arranjos produzidos pela sociedade no decorrer da história). (AMORIM FILHO, 2006, p.39)

No contexto da Geografia Tradicional, a paisagem é a expressão da área onde ocorre íntima conexão entre ser humano e o meio, sendo desenvolvida ao longo dos séculos e formadora de uma unidade espacial singular, uma região com identidade própria. Assim, não obstante datar originalmente de 1968, a definição de Bertrand expressa os princípios indicados por Amorim Filho (2006) como orientadores da Geografia Clássica ou Tradicional, conforme correlação apresentada no quadro 03.

Segundo Christofolletti (1999), a evolução dos conhecimentos geográfico e ecológico em perspectivas mais abrangentes da caracterização da natureza implicou o surgimento de inúmeras propostas para definir e delinear as unidades componentes da superfície terrestre, destacando-se a proposição de Ecologia da Paisagem, ou Geoecologia, feita por Carl Troll (1899-1975) em 1938. Para este autor, ambas as terminologias possuem o mesmo significado, em sentido amplo, tratando-se da simultaneidade de atuação e integração da atmosfera, litosfera, hidrosfera e biosfera (TROPPEMAIR, 2000a). Nessa proposição, os elementos abióticos atuam como fatores condicionantes dos seres vivos (indivíduos ou grupo de organismos / biocenoses) em 04 diferentes escalas de análise: bioma (de maior abrangência espacial), paisagem, ecossistema e, em menor abrangência espacial, população e plantas (CHRISTOFOLLETTI, 1999).

Quadro 03 – Correlação entre a definição de paisagem de Bertrand (2004) e os princípios orientadores da Geografia Tradicional indicados por Amorim Filho (2006).

Trechos da definição de paisagem (BERTRAND, 2004, p. 141)	Princípios orientadores da Geografia Clássica ou Tradicional (AMORIM FILHO, 2006)
“(…) O estudo das paisagens não pode ser realizado senão no quadro de uma geografia física global. (...)”	1) Geografia Geral e 2) unidade terrestre
“(…) É, em uma determinada porção do espaço, (...)”	3) Localização / posição e 4) extensão
“(…) o resultado da combinação dinâmica, portanto instável, de elementos físicos, biológicos e antrópicos (...)”	5) Conexão
“(…) que, reagindo dialeticamente uns sobre os outros, (...)”	6) Causalidade
“(…) fazem da paisagem um conjunto único e indissociável, (...)”	7) Diferenciação de áreas
“(…) em perpétua evolução. (...)”	8) Atividade

Fonte: Elaborado pelo autor.

A perspectiva geocológica salienta a necessária consideração das paisagens naturais (sem ação antrópica) juntamente às paisagens culturais (rurais e urbanas) e aos aspectos socioeconômicos (CHRISTOFOLETTI, 1999; TROPPEMAIR, 2000b), sendo aplicada aos planejamentos regional, rural e urbano. Nesse cenário, os enfoques morfoclimático e fitogeográfico (AB’SABER, 2003), geossistêmico (SOTCHAVA, 1977; MONTEIRO, 2001; BERTRAND, 2004) e morfodinâmico (TRICART, 1977; CREPANI et al, 2001; JANSEN, 2013) se fazem pertinentes.

2.2. Enfoque Morfoclimático e Fitogeográfico.

Em consonância a perspectiva geocológica sintetizada por Christofolletti (1999) e por Troppeimair (2000b), AB’SABER (2003) registra que a paisagem é:

- Tanto herança de processos fisiográficos e biológicos de atuação antiga (milhões a dezenas de milhões de anos), remodelados e modificados por processo de atuação recente (alguns milhares a dezenas ou mesmo centenas de milhares de anos);
- Quanto patrimônio coletivo dos povos que historicamente as herdaram como território de atuação de suas comunidades.

A compartimentação geral da topografia não foi modificada de maneira significativa pelos processos recentes (com efeitos regionais ou locais), o que resultou no domínio de um

esquema global de paisagens, zonais e azonais, muito próximo do quadro paisagístico da superfície terrestre visto ainda hoje pelos povos que historicamente as herdaram como território (AB’SABER, 2003). Assim, ao estudar a ampla e diversificada paisagem brasileira, este autor estabelece o conceito de domínio morfoclimático e fitogeográfico como:

(...) um conjunto espacial de certa ordem de grandeza territorial – de centenas de milhares a milhões de quilômetros quadrados de áreas – onde haja um esquema coerente de feições de relevo, tipos de solos, formas de vegetação e condições climático-hidrológicas. Tais domínios espaciais, de feições paisagísticas e ecológicas integradas, ocorrem em uma espécie de área principal, de certa dimensão e arranjo, em que as condições fisiográficas e biogeográficas formam um complexo relativamente homogêneo e extensivo. A essa área mais típica e contínua – via de regra, de arranjo poligonal – aplicamos o nome de *área core*, logo traduzida por *área nuclear* (...) (AB’SABER, 2003, pp. 11-12)

No território brasileiro ocorrem seis grandes domínios paisagísticos (quatro intertropicais e dois subtropicais) baseados nas condições morfoclimáticas e fitogeográficas, conforme quadro 04:

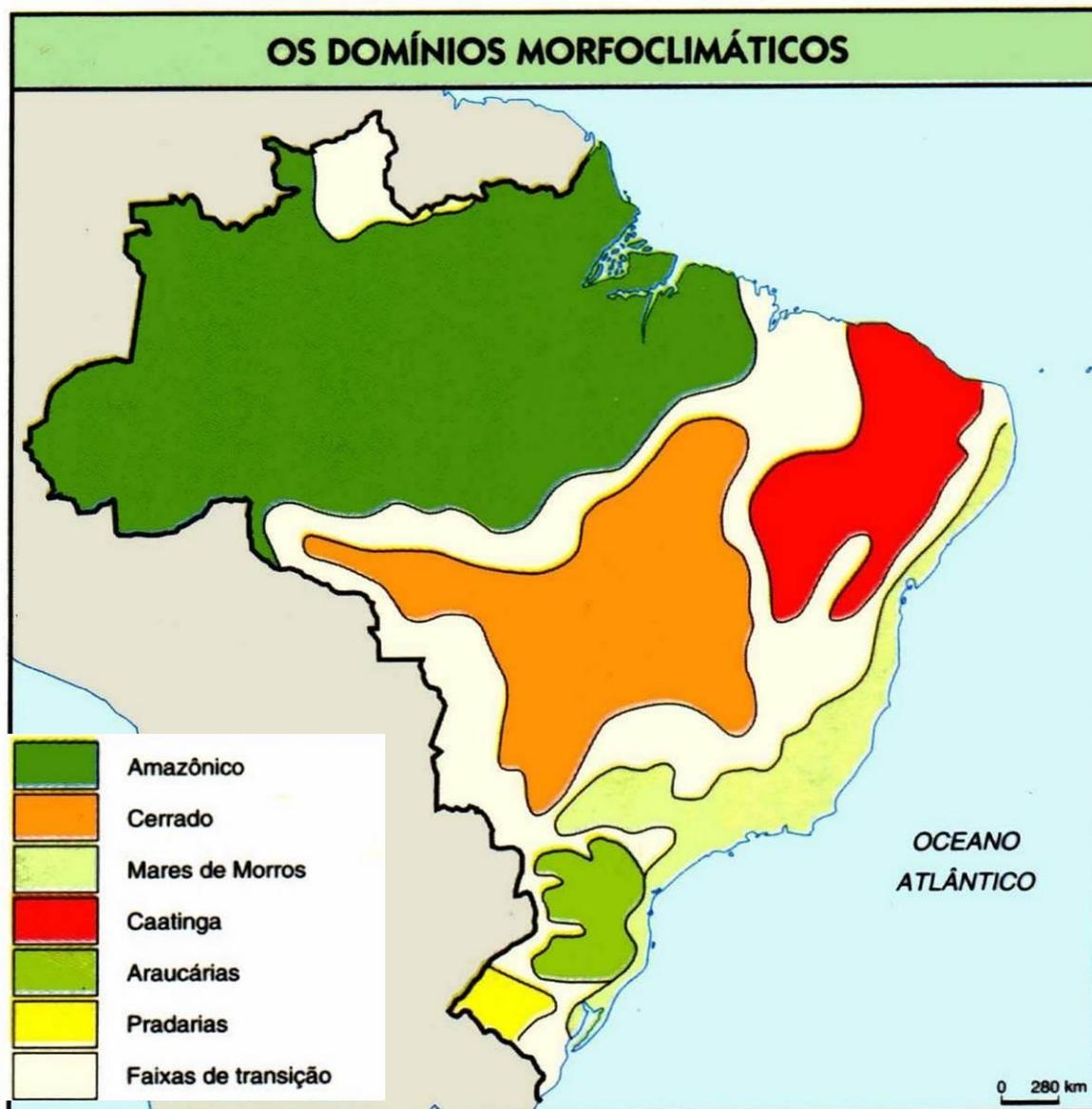
Quadro 04 – Domínios paisagísticos brasileiros conforme Ab’Saber (2003).

Domínio paisagístico	Condição morfoclimática e fitogeográfica	
Amazônico	Terras baixas florestadas equatoriais	Intertropical
Cerrado	Chapadões tropicais interiores com cerrados e florestas-galeria	
Mares de Morros	Áreas mamilonares tropical-atlânticas florestadas	
Caatingas	Depressões intermontanas e interplanálticas semiáridas	
Araucárias	Planaltos subtropicais com araucárias	Subtropical
Pradarias	Coxilhas subtropicais com pradarias mistas	

Fonte: Elaborado pelo autor.

De acordo com AB’SABER (2003), essas áreas nucleares, em arranjos poligonais, são tipicamente zonais, à exceção dos Mares de Morros, e entremeadas por alongadas faixas de transição e de contato, mais nítidas nos componentes ambientais vegetação e no solo e menos nítidas no relevo. A figura 04 apresenta ilustração do mapa de domínios morfoclimáticos brasileiros, originalmente elaborado por AB’SABER:

Figura 04 – Mapa de domínios morfoclimáticos brasileiros.



Fonte: DOMÍNIOS..., 2016.

Tais “interespaços transicionais” apresentam combinações diretas entre os componentes ambientais das áreas nucleares que os circundam, resultando em paisagens anastomosadas com setores singulares, por vezes azonais. É possível a ocorrência de enclaves azonais de um tipo de domínio nas bordas da área nuclear vizinha, bem como de enclaves relictuais no interior da área nuclear vizinha, explicados por fatores locais de exceção morfoclimática ou geobotânica.

A área em estudo nesta dissertação se insere na faixa de transição entre os domínios azonal dos Mares de Morros florestados e zonal dos chapadões savânicos do Cerrado penetrados por florestas-galeria. Seu estudo permite melhor entendimento científico da paisagem anastomosada (de contato) entre esses domínios, demandando, porém, escala de

análise da paisagem com menor abrangência espacial que os domínios morfoclimáticos e fitogeográficos. Nesse cenário, o enfoque geossistêmico surge pertinente às modelagens geológicas pretendidas na paisagem de Monjolos e Diamantina.

2.3. Enfoque Geossistêmico

Christofoletti (1999), Monteiro (2001), Troppmair e Galina (2006) e Pissinati e Archela (2009) reconhecem o uso do termo “geossistema” como possuidor de uma história iniciada na década de 1960 e na qual se destacam o soviético V. B. Sotchava (1977), representante da escola da Sibéria, e o francês P. G. Bertrand (1935), representante da escola dos Pirineus franceses. Monteiro (2001) evidencia o fato de a preocupação geossistêmica ser convergente nos estudos integrados da natureza dessas duas escolas de pensamento, embora esse enfoque tenha surgido independente de contato entre ambas.

O termo “geossistema” foi introduzido por Sotchava em 1962 (CHRISTOFOLETTI, 1999; MONTEIRO, 2001; TROPPEMAIR; GALINA, 2006), designando o Sistema Geográfico ou Complexo Natural Territorial. Para Sotchava (1977) geossistema é uma classe peculiar de sistemas dinâmicos abertos e hierarquicamente organizados. Refletindo o contexto soviético de amplas extensões territoriais (TROPPEMAIR; GALINA, 2006), Sotchava (1977) estabelece o geossistema como fenômeno natural no qual fatores econômicos e sociais o afetariam criando peculiaridades espaciais.

Na perspectiva de Sotchava (1977), o geossistema pode ser classificado de maneira bilateral nas unidades espaciais elementares geômeros (áreas homogêneas) e geócoros (áreas diferenciadas). A delimitação dos geômeros e geócoros elementares se dá abrangendo extensão horizontal na qual os elementos naturais asseguram uma mesma unidade sistêmica, bem como extensão vertical máxima de 50 metros na atmosfera (SOTCHAVA, 1977).

Conforme Troppmair e Galina (2006), Sotchava deixou o termo “geossistema” bastante vago e flexível. Isso permitiu que a utilização por diferentes geógrafos com diferentes conteúdos, metodologias, escalas e enfoques. Em destaque, P. G. Bertrand incorporou o termo “geossistema” em 1968, após alguns anos de estudo sobre a integração dos elementos ambientais na paisagem.

De acordo com Bertrand (2004), não se deve efetuar uma taxonomia da paisagem através da imposição de categorias pré-estabelecidas e sim se deve pesquisar as descontinuidades objetivas da paisagem. Na perspectiva de Bertrand, a taxonomia da paisagem possui seis diferentes níveis tempo-espaciais em função da escala, com os

elementos climáticos e estruturais de relevo embasando o reconhecimento das unidades superiores (de maior abrangência espacial) Zona, Domínio e Região Natural, e os elementos biogeográficos e antrópicos embasando o reconhecimento das unidades inferiores (de menor abrangência espacial) Geossistema, Geofácies e Geótopos. Neste cenário:

O geossistema situa-se entre a 4ª e a 5ª grandeza temporo-espacial⁷. Trata-se, portanto, de uma unidade dimensional compreendida entre alguns quilômetros quadrados e algumas centenas de quilômetros quadrados. É nesta escala que se situa a maior parte dos fenômenos de interferência entre os elementos da paisagem e que evoluem as combinações dialéticas mais interessantes para o geógrafo. Nos níveis superiores a ele só o relevo e o clima importam e, acessoriamente, as grandes massas vegetais. Nos níveis inferiores, os elementos biogeográficos são capazes de mascarar as combinações de conjunto. Enfim, o geossistema constitui uma boa base para os estudos de organização do espaço porque ele é compatível com a escala humana. (BERTRAND, 2004, p. 146)

Em esboço de definição teórica, Bertrand (2004) coloca o Geossistema como resultado na paisagem da combinação entre: 1) *potencial ecológico* (natureza das rochas e dos mantos superficiais, dinâmica e valor do declive das vertentes, dinâmica da precipitação, da temperatura, dos lençóis freáticos, das nascentes, valor dos níveis de pH das águas e tempos de ressecamento do solo, etc.); 2) *exploração biológica* (comunidades vivas de plantas e animais em dinâmica ecossistêmica); e 3) *ação antrópica* (atividades socioeconômicas).

Não obstante Bertrand (2004) reconhecer que no interior de um geossistema há relativa continuidade ecológica e que toda transição para outro geossistema se caracteriza por uma descontinuidade de ordem ecológica, também reconhece que o geossistema não se apresenta necessariamente com grande homogeneidade fisionômica. Em razão da dinâmica interna (diversos estágios de evolução dos elementos de seus componentes), predominantemente se formam diferentes paisagens. Assim, “(...), geo ‘sistema’ acentua o complexo geográfico e a dinâmica de conjunto; geo ‘fácies’ insiste no aspecto fisionômico e geo ‘topo’ situa essa unidade no último nível da escala espacial” (BERTRAND, 2004, p.145).

Para Christofletti (1999), as proposições de Sotchava e Bertrand se dedicam ao estabelecimento de escala de grandeza específica para o geossistema através de uma hierarquia espacial, desde a escala local à escala do global terrestre. Assim como as perspectivas geossistêmicas de Sotchava e Bertrand se diferenciam ao respectivamente refletirem vivências desses autores nos territórios soviéticos e europeu (MONTEIRO, 2001; TROPPEMAIR; GALINA, 2006), os trabalhos relatados por Troppmair (2000b), Monteiro

⁷ Cailleux, A. e Tricart, J. **Le problème de la classification des faits géomorphologiques**. Ann. de Géogr., 65:162 -186. 1956.

(2001) e Pissinati e Archela (2009) apresentam perspectivas geossistêmicas que refletem vivências destes autores no território brasileiro, com maior ou menor proximidade às proposições de Sotchava e, predominantemente, Bertrand.

Esta dissertação utiliza os enfoques morfoclimático / fitogeográfico (AB’SABER, 2003) e geossistêmico (BERTRAND, 2004) para caracterização da área de estudo. Em todas essas perspectivas, a morfologia terrestre atua como referência de classificação da paisagem, motivo pelo qual o enfoque morfodinâmico de Tricart (1977) também é pertinente.

2.4. Enfoque Morfodinâmico

O enfoque morfodinâmico trata da atuação do componente morfogênico na dinâmica da superfície terrestre e foi introduzido formalmente no Brasil pelo francês Jean Tricart através do estudo da ecodinâmica das paisagens.

Conforme apresentação feita por representante do IBGE⁸ (TRICART, 1977), o estudo de Tricart prima pela disciplina do bom uso dos bens e riquezas naturais em benefício da coletividade utilizando a abordagem sistêmica como algo necessário à compreensão do meio ambiente. Para Tricart (1977, p. 32), “a utilização do instrumento lógico dos sistemas permite identificar rapidamente quais vão ser as modificações indiretas desencadeadas por uma intervenção que afeta tal ou qual outro elemento do ecossistema”, permitindo decisões pela sociedade com base em critérios de ordenação e gestão do território.

Tricart (1977) considera o componente morfogênico como mais importante da dinâmica da superfície terrestre, pois os processos morfogênicos produzem instabilidade da superfície e esta é fator limitante ao desenvolvimento dos seres vivos. Assim, Tricart (1977) afiança a necessidade de se estabelecer uma taxonomia dos tipos de meios ambientes fundada no grau de estabilidade-instabilidade morfodinâmica. Propõe, portanto, metodologia baseada no estudo da dinâmica dos ecótopos (meio ambiente de um ecossistema), a qual denomina de *ecodinâmica*, e que distingue três grandes tipos de meios morfodinâmicos em função da intensidade dos processos naturais atuantes de morfogênese e pedogênese.

A proposição de Tricart (1977) distingue na paisagem os meios estáveis e meios fortemente instáveis, com comportamentos opostos, e meios *integrades*, com comportamento intermediário aos outros dois. Cada um dos três tipos de meios engloba diversos espaços da

⁸ Geógrafo Miguel Alves de Lima.

superfície terrestre que se assemelham quanto ao comportamento morfodinâmico (motivo pelo qual se utiliza o termo no plural), sendo que:

- Os **meios estáveis** possuem evolução lenta do modelado terrestre denotando estabilidade geomorfológica, seja realizada desde longo tempo (mais raro) ou relativamente recente, iniciada no Holoceno (recorrente). Os efeitos da pedogênese sobrepujam os efeitos da morfogênese, ocorrendo solos polifásicos e pouca dissecação do relevo. Há pouca influência das condições litológicas, o que contribui juntamente às condições bioclimáticas para a predominância de solos e formas de relevo envelhecidos (antigos). Para conservação ambiental desses meios é necessária manutenção da cobertura vegetal de densidade equivalente à vegetação clímax; para o uso agropastoril, é necessário o estudo específico do solo *in loco*, que varia no espaço, a fim de atuar com melhoramentos e adubações.
- Os **meios fortemente instáveis** detêm considerável predominância da morfogênese sobre a pedogênese, apresentando relevo acidentado (formas dissecadas com declives acentuados e vales entalhados) e solos recentes e líticos, sendo ambos influenciados decisivamente pelas condições litológicas. Ocorrem fenômenos morfogenéticos localizados, sendo esporádicos (movimentos de massa de corrida de lama ou queda de blocos) ou recorrentes (ravinamentos e entulhamentos em áreas de inundação), e generalizados (escoamento superficial difuso, entulhamentos em áreas de inundação). A conservação ambiental se faz necessária para proteger terrenos e os cursos d'água situados à jusante; os usos agropastoris são marginais, devendo ser evitados ante o risco de degradação ambiental irreversível.
- Os **meios intergrades** abarcam gradual transição existente como intermediária entre os estáveis e os fortemente instáveis. Nesses meios, há concorrência permanente entre pedogênese e morfogênese, as quais exercem interferência recíproca com uma sobrepujando a outra de maneira pouco sensível e conforme situações específicas locais. Quando a pedogênese predomina, a morfogênese interfere na evolução dos solos, rejuvenescendo-os a ponto de impedi-los de se tornarem antigos e tendendo à estabilidade geomorfológica; quando a morfogênese predomina, os solos são afetados pelo escoamento superficial difuso e/ou por movimentos de massa, tendendo à instabilidade geomorfológica. Tanto os solos quanto as formas de relevo são de idade relativamente intermediária e compõem mosaicos nessas paisagens. Flutuações climáticas em duração mais longa (e.x.: períodos mais secos ou úmidos) ou intervenções antrópicas (e.x.: agricultura e pecuária) podem repercutir no equilíbrio desta reciprocidade, culminando na manutenção da estabilidade ou na indução da instabilidade geomorfológica. Assim, para conservação ambiental é necessária manutenção da cobertura vegetal para inibir escorregamentos e/ou ravinamentos; para uso agropastoril é adequada a manutenção de cobertura vegetal ao menos herbáceo concomitante ao manejo hidráulico do escoamento, evitando-se erosões, além de impedir a compactação do solo pelo pisoteio de gado.

Uma vez que “estudar a organização do espaço é determinar como uma ação se insere na dinâmica natural, para corrigir certos aspectos desfavoráveis e para facilitar a exploração dos recursos ecológicos que o meio oferece” (TRICART, 1977, p. 35), a taxonomia proposta pelo autor permite a modelização geocológica da paisagem em três domínios

morfodinâmicos diferentes. Para esse fim, considerando-se especialmente a estrutura e o conteúdo do quadro síntese apresentado por Tricart (1977) ao final de sua obra *Ecodinâmica*, utiliza-se como pressupostos:

- a) O desempenho da morfogênese é aferido pela variável inclinação do relevo, a qual é parametrizada através do agrupamento das 06 classes apresentadas pelo IBGE (2007) em 03: 0 a 08% (classes plano e suave ondulado), 08,01 a 45% (classes ondulado e forte ondulado) e maior que 45% (classes montanhoso e escarpado);
- b) O desempenho da pedogênese pode ser aferido pela variável maturidade do solo, parametrizada através do agrupamento dos 14 tipos de solos apresentadas pelo IBGE (2007) em 03 grupos, conforme adaptação da proposta de Crepani et al. (2001): recente (afloramento rochosos, gleissolos, neossolos, organossolos, plintossolos e vertissolos), rejuvenescido (argissolos, cambissolos, chernossolos, espodossolos, luvisolos, nitossolos e planossolos) e envelhecido (latossolos);
- c) A influência da litologia é aferida pela variável coesão das rochas, parametrizada através do agrupamento da Escala de vulnerabilidade à denudação das rochas mais comuns (CREPANI et al., 2001; JANSEN, 2013) em 03 grupos: reduzida (01 a 1,6), mediana (1,7 a 2,3) e elevada (2,4 a 3,0).

“(...) Por grau de coesão das rochas entende-se a intensidade da ligação entre os minerais ou partículas que as constituem” (CREPANI et al., 2001, p.13).

(...) “O grau de coesão das rochas é a informação básica da Geologia a ser integrada a partir da Ecodinâmica, uma vez que em rochas pouco coesas podem prevalecer os processos erosivos, modificadores das formas de relevo (morfogênese), enquanto que nas rochas bastante coesas devem prevalecer os processos de intemperismo e formação de solos (pedogênese). (CREPANI et al., 2001, p.73)

Cada uma destas três variáveis é valorada entre 01, para o parâmetro mais estável, 02, para o intermediário, e 03, para o mais instável, conforme quadro 05.

Quadro 05 – Parâmetros e valores para modelagem morfodinâmica da paisagem com base em Tricart (1977).

Variável	Parâmetro	Valor	Parâmetro	Valor	Parâmetro	Valor
Inclinação do relevo (%)	0 a 8	01	8 a 45	02	> 45	03
Maturidade do solo	Envelhecido	01	Rejuvenescido	02	Recente	03
Vulnerabilidade à denudação das rochas	Reduzida	01	Mediana	02	Elevada	03
Domínio morfodinâmico	Estável	03	<i>Intergrade</i>	06	Fortemente Instável	09

Fonte: Elaborado pelo autor.

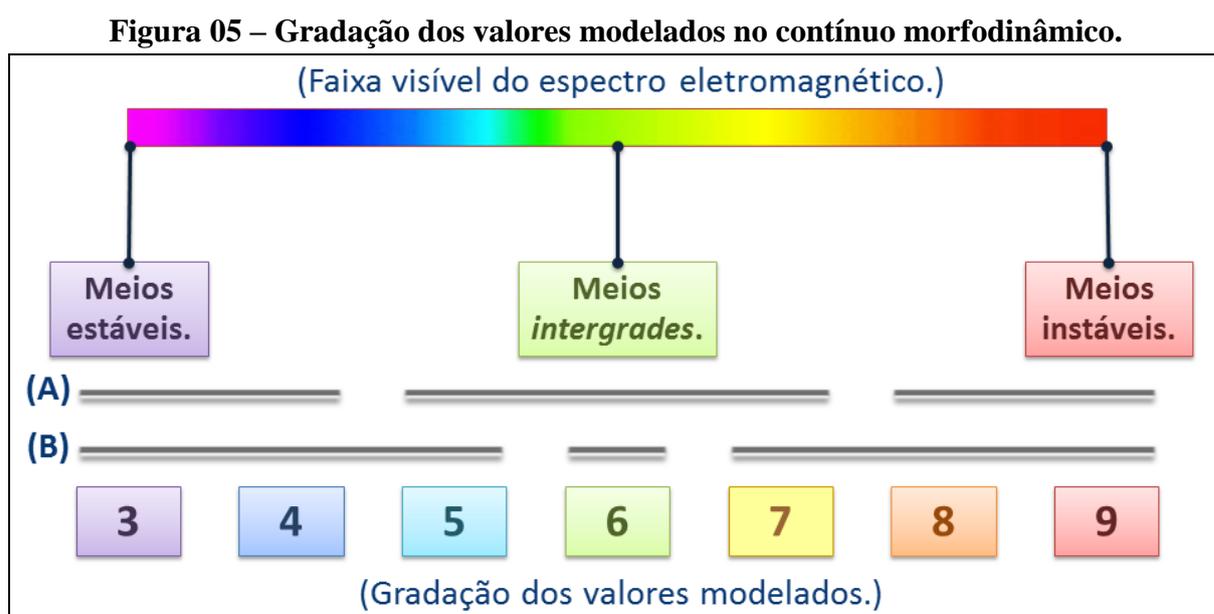
A modelagem digital ocorre através do cálculo da soma entre os valores das três variáveis em cada pixel⁹, resultando nos valores 03, 06 e 09 respectivamente para os domínios morfodinâmicos, por excelência, estável, *intergrade* e fortemente instável.

$$\text{MM} = \text{IR} + \text{MS} + \text{GCR}$$

Onde:

MM = Meio morfodinâmico;
 IR = Inclinação do relevo;
 MS = Maturidade do solo;
 GCR = Grau de coesão das rochas.

O termo *intergrade* significa transição, sendo que: “Estes meios, com efeito, asseguram a passagem gradual entre os meios estáveis e os meios instáveis. A rubrica é, por força das coisas, convencional porque não existe nenhum corte; ao contrário, estamos em presença de um contínuo” (TRICART, 1977, p.47). Assim, correspondendo a este contínuo transicional, bem como às variações existentes dentro de um mesmo meio morfodinâmico, os eventuais resultados com valores 05 e 07, respectivamente, denotam áreas *intergrades* mais estáveis ou mais instáveis, ao passo que os resultados com valores 04 e 08 denotam áreas estáveis e instáveis, conforme variação A na figura 05.



Fonte: Elaborado pelo autor.

⁹ Executada no software ArcGis 10.2 através da ferramenta: *ArcToolbox > Spatial Analyst Tools > Map Algebra > Raster Calculator*.

Expressa na variação B da figura 05, outra possível interpretação da gradação dos valores modelados no contínuo morfodinâmico reconhece o meio *intergrade* como limiar entre a estabilidade e a instabilidade, as quais variam em intensidade entre moderada e forte, conforme quadro 06:

Quadro 06 – Variações de intensidade no contínuo morfodinâmico.

Valores modelados	Meios morfodinâmicos	Variações de intensidade no contínuo
03	Estáveis	Forte
04		Mediana
05		Moderada
06	<i>Intergrade</i>	Fragilmente estável, no limiar da estabilidade
07	Instáveis	Moderada
08		Mediana
09		Forte

Fonte: Elaborado pelo autor.

Considerando que Tricart (1977) indica consequências gerais para conservação ambiental e para o uso agrônomo em cada tipologia de meio morfodinâmico, é viável confrontar o uso e ocupação do solo atual e tais indicações, a fim de se verificar as perspectivas geológicas da paisagem.

Outras modelagens ambientais derivadas da metodologia de Tricart (1977) foram consolidadas por Crepani et al. (2001) e Jansen (2013) e se dedicaram à vulnerabilidade natural à perda de solo e às vulnerabilidade natural ambiental, capazes de contribuir para a compreensão sistêmica da organização do espaço na superfície terrestre.

2.5. Vulnerabilidade Natural à Perda de Solo

Baseando-se no conceito de Ecodinâmica e na utilização de imagens de satélite, os quais permitiram a reinterpretação de dados temáticos preexistentes em abordagem sinótica e holística, o trabalho de Crepani et al. (2001) apresenta metodologia para identificação e mapeamento da vulnerabilidade natural à perda de solo na paisagem da Amazônia Legal como subsídio à elaboração de Zoneamento Ecológico-Econômico.

No modelo proposto por Crepani et al. (2001), a paisagem é classificada em dois tipos de unidades territoriais básicas (UTB) sobrepostas: uma ou mais “unidades de paisagem natural”, que representa as condições ambientais físicas e bióticas naturais, sobrepostas por um “polígono de intervenção antrópica”, que representa a atuação humana sobre as condições ambientais. Nos termos desses autores:

O conhecimento dos mecanismos que atuam nas unidades de paisagem natural permite orientar as atividades a serem desenvolvidas dentro do polígono de intervenção antrópica, de maneira a evitar agressões irreversíveis e obter maior produtividade, além de dirigir ações corretivas dentro daqueles polígonos onde o uso inadequado provoca consequências desastrosas. (CREPANI et al., 2001, p. 15)

Os princípios da Ecodinâmica de Tricart (1977) se manifestam no modelo de Crepani et al. (2001):

- a) Na compreensão de que “(...) quando predomina a morfogênese prevalecem os processos erosivos, modificadores das formas de relevo, e quando predomina a pedogênese prevalecem os processos formadores de solos” (CREPANI et al., 2001, p.13);
- b) Na distinção de 21 unidades de paisagem natural diferentes no contínuo morfodinâmico, as quais se distribuem entre as situações de predomínio da pedogênese, no extremo de estabilidade, e da morfogênese, no extremo de instabilidade, passando por situações intermediárias.

Tendo o pixel como unidade espacial elementar, a modelagem digital da vulnerabilidade natural à perda de solo foi estabelecida por meio da média aritmética de valores correspondentes à influência dos aspectos ambientais físicos e bióticos (geologia, geomorfologia, pedologia, vegetação e clima) na relação entre morfogênese e pedogênese.

Escalonados por Crepani et al. (2001) com valores próximos a 01 denotando prevalência da pedogênese e valores próximos a 03 tratando da prevalência da morfogênese, os aspectos ambientais e seus respectivos atributos, são:

- *Litologia*: grau de coesão das rochas (GCR);
- *Relevo*: dissecação do relevo pela drenagem (DD), amplitude altimétrica (AA) e declividade (D);
- *Solos*: desenvolvimento ou maturidade do solo (MS);
- *Vegetação*: densidade da cobertura vegetal (DCV);
- *Clima*: erosividade (E), decorrente do índice pluviométrico.

Assim, a vulnerabilidade natural à perda de solo (VNPS) é calculada¹⁰ por Crepani et al. (2001) com a equação¹¹:

¹⁰ Executada no *software* ArcGis 10.2 através da ferramenta: *ArcToolbox > Spatial Analyst Tools > Map Algebra > Raster Calculator*.

¹¹ Para fins de melhor especificação, as siglas aqui utilizadas se referem aos atributos, diferenciando-se das utilizadas por Crepani *et al.* (2001), em geral referentes aos aspectos ambientais.

$$\text{VNPS} = (\text{GCR} + \text{DD} + \text{AA} + \text{D} + \text{MS} + \text{DCV} + \text{E}) / 7$$

Crepani et al. (2001) afirmam que rochas com pouco *grau de coesão* entre os minerais favorecem a ocorrência de processos morfogenéticos, tanto quanto rochas bastante coesas favorecem processos de pedogênese. Assim, a pouca *maturidade dos solos* indica a prevalência dos processos erosivos da morfogênese onde ocorrem solos jovens; por sua vez, a maturidade do solo (lixiviados e bem desenvolvidos) implica condições de estabilidade na qual predomina a formação de solo.

Em unidades de paisagem natural com acentuadas *amplitude de relevo*, declividade e *grau de dissecação* prevalecem os processos morfogenéticos, uma vez que há maior energia potencial (CREPANI et al., 2001). Onde tais características morfométricas são reduzidas prevalecem os processos pedogenéticos.

A *cobertura vegetal* desempenha proteção morfodinâmica das unidades de paisagem natural, de maneira que os processos morfogenéticos são predominantes nas coberturas vegetais de densidade (cobertura do terreno) mais baixas, assim como “processos pedogenéticos ocorrem em situações onde a cobertura vegetal mais densa permite o desenvolvimento e maturação do solo” (CREPANI et al., 2001, p.15). Contraponto à cobertura vegetal, maior *erosividade*, decorrente de maior intensidade pluviométrica, favorece a morfogênese, bem como menor *erosividade*, decorrente de menor intensidade pluviométrica, favorece a pedogênese.

Os valores escalonados oscilam entre 01 e 03, sendo relativos e empíricos, atribuídos separadamente pelos autores a cada aspecto ambiental, e compondo uma escala de 21 níveis de vulnerabilidade das unidades da paisagem à perda de solo, conforme Quadro 08:

Quadro 08: Escala de vulnerabilidade das unidades da paisagem.

Unidades de Paisagem	Média			Grau de Vulnerabilidade	Grau de saturação			
					Verm.	Verde	Azul	Cores
U1	↓	3,0	↑	Vulnerável	255	0	0	
U2		2,9			255	51	0	
U3		2,8			255	102	0	
U4		V			2,7	255	153	0
U5	U	2,6	Moderadamente Vulnerável	255	204	0		
U6	L	2,5		E	255	255	0	
U7	N	2,4		S	204	255	0	
U8	E	2,3		T	153	255	0	
U9	R	2,2	A	Medianamente Estável/ Vulnerável	102	255	0	
U10	A	2,1	B		51	255	0	
U11	B	2,0	I		0	255	0	
U12	I	1,9	L		0	255	51	
U13	L	1,8	I	Moderadamente Estável	0	255	102	
U14	I	1,7	D		0	255	153	
U15	D	1,6	A		0	255	204	
U16	A	1,5	D		0	255	255	
U17	D	1,4	E	Estável	0	204	255	
U18	E	1,3	↓		0	153	255	
U19	1,2	0			102	255		
U20	1,1	0			51	255		
U21	1,0	0		0	255			

Fonte: CREPANI et al. (2001, p.21).

2.6. Vulnerabilidades Natural e Ambiental

Apoiando-se no modelo de Crepani et al. (2001), Jansen (2013) elabora modelo próprio focado na vulnerabilidade ambiental da Área de Proteção Ambiental do Morro da Pedreira e do Parque Nacional da Serra do Cipó para proteção do patrimônio espeleológico. A modelagem proposta por Jansen (2013) abarca duas etapas bem correlatas ao enfoque geossistêmico de Bertrand (2004), com a primeira resultando da álgebra de mapas ponderada de 05 variáveis ambientais típicas do *potencial ecológico*. A segunda resultando da álgebra de mapas simples entre o resultado da primeira etapa e a variável *cobertura vegetal*, típica da *exploração biológica* da paisagem e que conjugada ao uso e a ocupação do solo também se refere à da *ação antrópica*.

Além de utilizar os atributos *rugosidade topográfica* e *índice pluviométrico* em substituição respectiva aos atributos morfométricos e à erosividade, definidos por Crepani et

al. (2001), Jansen (2013) inicialmente retira o aspecto ambiental *vegetação* e acrescenta o aspecto ambiental *potencialidade espeleológica* para cálculo da *vulnerabilidade natural* da paisagem através da soma ponderada¹²:

$$\mathbf{VN = GEO*0.30 + PED*0.25 + ICR*0.20 + IP*0.15 + PCAV*0.10}$$

Onde:

VN = Vulnerabilidade Natural;
 GEO = Geologia;
 PED = Pedologia;
 ICR = Índice de Concentração da Rugosidade Topográfica;
 IP = Intensidade Pluviométrica;
 PCAV= Potencial de Ocorrência de Cavidades.

O potencial de ocorrência de cavidades naturais subterrâneas foi parametrizado por Jansen (2013) nas classes: muito alto, alto, médio, baixo e ocorrência improvável, as quais correspondem aos termos metodológicos do *Mapa de Potencialidade de Ocorrência de Cavernas no Brasil*, na escala 1:2.500.000 produzido pelo CECAV (2012)¹³.

Não obstante baseada nas metodologias de Meneses (2003) e Gomes (2010), ambas relacionadas ao patrimônio espeleológico, a ponderação foi arbitrária e refinada por base empírica da autora e do Centro Nacional de Pesquisa e Conservação de Cavernas (CECAV). A VN resultante varia entre 09 e 36 e é categorizada entre 05 classes relativas estabelecidas pelo método estatístico de Quebra Natural, as quais são: muito alta, alta, média, baixa e muito baixa. Em seguida, Jansen (2013) retoma o aspecto ambiental *vegetação*, somando-a a VN para assim consolidar a *vulnerabilidade ambiental*:

$$\mathbf{VA = (VN*0.50) + (VEG*0.50)}$$

Onde:

VA = Vulnerabilidade Ambiental;
 VEG = Vegetação.

¹² Executada no *software* ArcGis 10.2 através da ferramenta: *ArcToolbox > Spatial Analyst Tools > Overlay > Weighted Overlay*.

¹³ Disponível em: <http://www.icmbio.gov.br/cecav/projetos-e-atividades/potencialidade-de-ocorrencia-de-cavernas.html>.

A VA resultante também é categorizada entre 05 classes relativas (muito alta, alta, média, baixa e muito baixa) estabelecidas pelo método de Quebra Natural e subsidia a proteção do patrimônio espeleológico em áreas susceptíveis às ações antrópicas. Dessa forma, os resultados do modelo de Jansen (2013) se diferenciam dos resultados da modelagem baseada diretamente em Tricart (1977) e subsidiaria a conservação ambiental e a usos agrícolas. Já o modelo de Crepani et al. (2001) favoreceria um zoneamento ecológico-econômico e a gestão territorial. Todas estas modelagens enredam abordagem geossitêmica e evocam os vários princípios geográficos já mencionados. Porém, cada uma apresenta contribuição diferente à compreensão geocológica da paisagem.

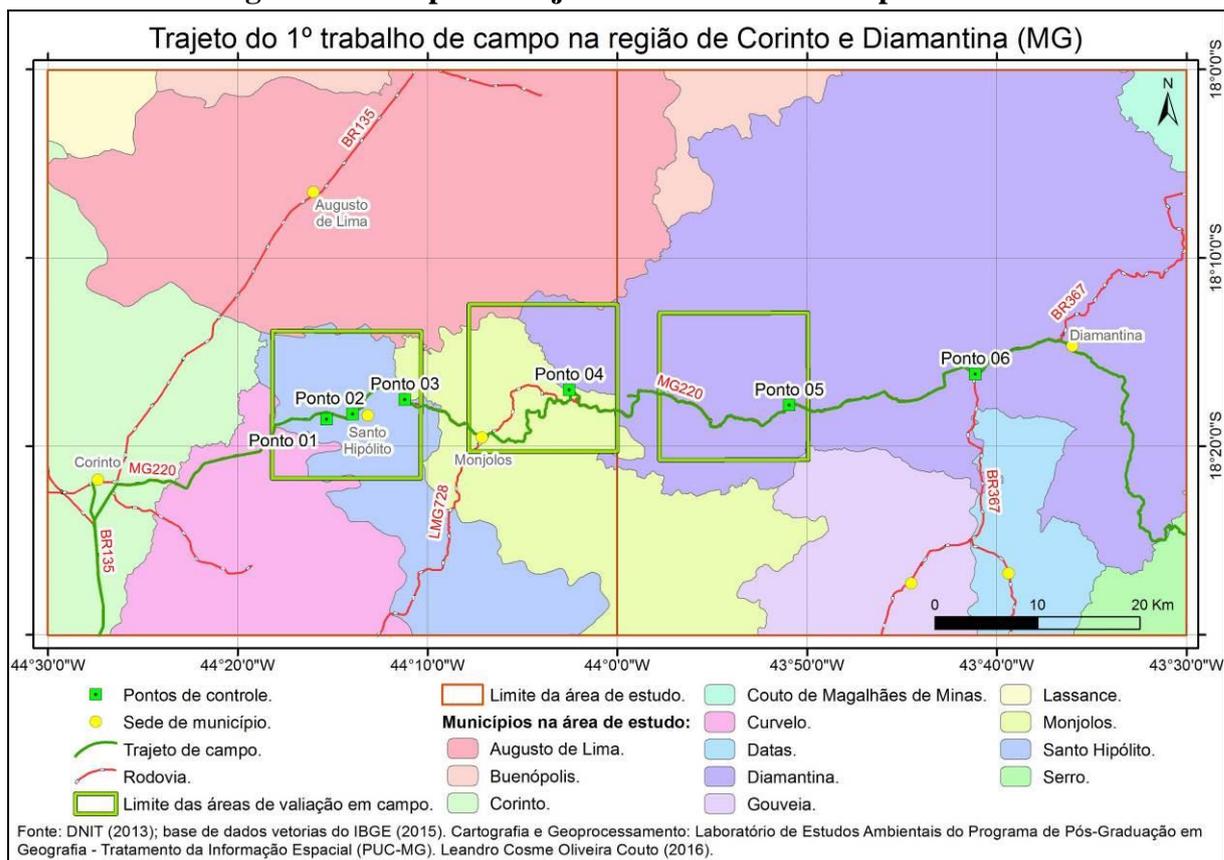
Christofoletti (1999) e Monteiro (2001) apontam o equívoco em estudos ambientais brasileiros que seccionam e dissociam os aspectos ambientais ordenados sequencialmente sem integrações temáticas. Nesse cenário de necessária integração dos diferentes aspectos ambientais, os enfoques contidos na Fundação Teórica conjugados à preocupação ao atendimento dos princípios orientadores da Geografia Tradicional, orientam a caracterização ambiental da área de estudo.

3. CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

*“O passado é que veio até mim, como uma nuvem, vem para ser reconhecido apenas não estou sabendo decifrá-lo.”
(J. Guimarães Rosa.)*

A área de estudo, delimitada pelas bordas das Cartas Topográficas de Corinto, a oeste, e de Diamantina, a leste, foi percorrida nos trabalhos de campo inicial, efetuado em 19, 20 e 21/06/2015, e final, efetuado em 18, 19 e 20/02/2017. O trajeto do trabalho de campo inicial se deu pela rodovia MG 220, de oeste para leste partindo da sede municipal de Corinto, perpassando os municípios de Santo Hipólito e Monjolos e adentrando Diamantina até sua sede municipal (Figura 06).

Figura 06 – Mapa do trajeto do trabalho de campo inicial.



Fonte: Elaborado pelo autor.

No trabalho de campo inicial foram registrados 06 pontos de controle distribuídos entre as 03 áreas (oeste, central e leste) de validação em campo das modelagens geocológicas a serem aplicadas na paisagem da região. Os pontos se localizam ao longo ou próximo à MG

220 em condições nitidamente diferentes dos aspectos ambientais geológico, geomorfológico, pedológico e de cobertura vegetal, conforme quadro 07:

Quadro 07 – Pontos de Controle do trabalho de campo inicial.

Ponto de Controle	Coordenadas UTM (SIRGAS2000)		Área de validação das modelagens geocológicas	Descrição geral
	X	Y		
01	578.600	7.975.489	Oeste	Antiga área de empréstimo de solo próximo ao Rio das Velhas
02	581.055	7.975.980	Oeste	MG 220 – Ponte rodoviária sobre o Rio das Velhas
03	586.019	7.977.344	Oeste	MG 220 – Perfil de Neossolo sob Mata Seca
04	601.239	7.978.162	Central	Contato litológico entre Grupo Bambuí e Supergrupo Espinhaço
05	621.806	7.976.580	Leste	Aplainamento entre topos da Serra do Espinhaço
06	639.099	7.979.526	Complemento à área Leste	Entroncamento rodoviário entre MG 220 e BR 367

Fonte: Elaborado pelo autor.

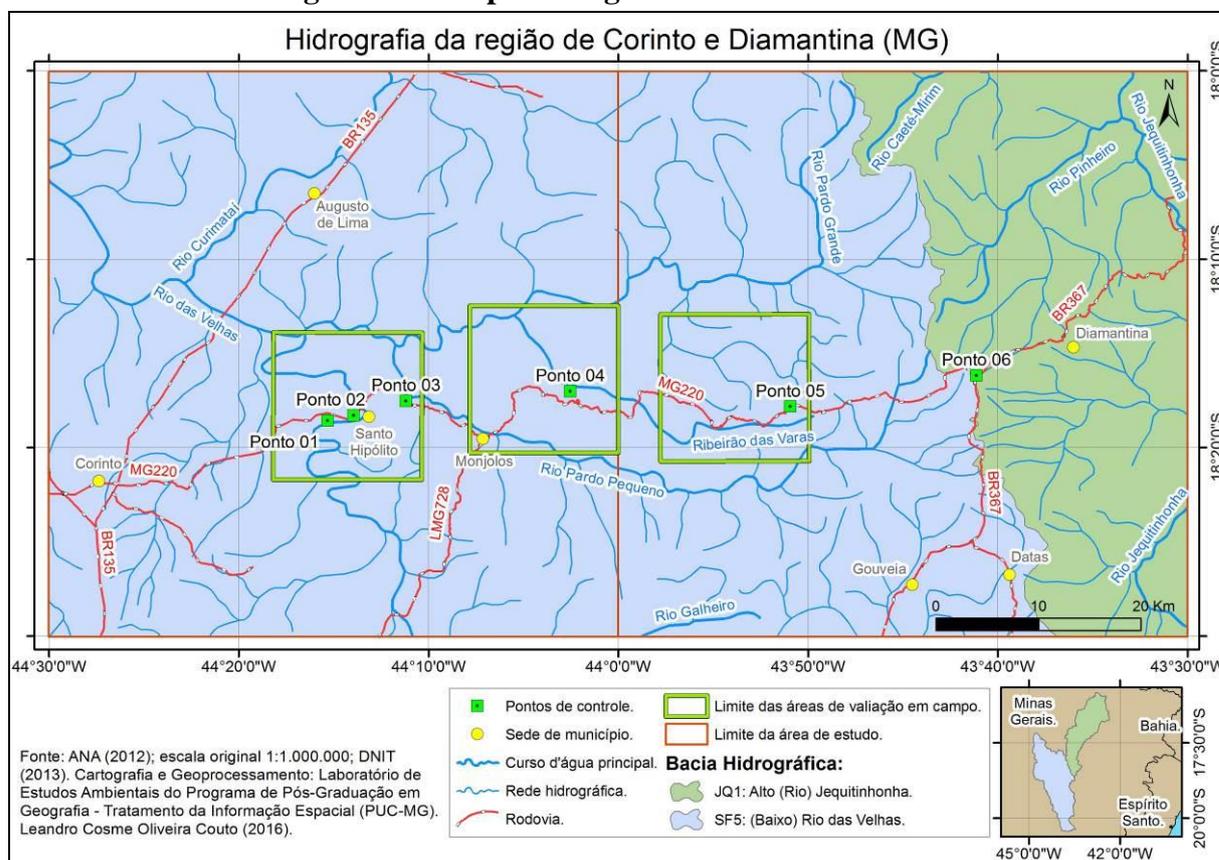
O Ponto de Controle 06 possui condições ambientais parecidas às do Ponto de Controle 05, porém, se localiza em bacia hidrográfica distinta, o que permite que seja considerado como complemento à validação do Ponto de Controle 06.

A área de estudo abarca trechos das Unidades de Planejamento e Gestão de Recursos Hídricos (UPGRH) Rio das Velhas (sub-bacia do Rio São Francisco) e Alto Jequitinhonha (porção montante da bacia do Rio Jequitinhonha, integrante das chamadas Bacias do Atlântico Leste), respectivamente designadas pelos códigos (SF5) e (JQ1). A região é atravessada longitudinalmente pelo interflúvio entre estas duas UPGRH, com maior parte correspondendo a trechos do Baixo Rio das Velhas drenados pelo próprio Rio das Velhas (sentido SE-NW) e pelos tributários da margem direita Rios Pardo Grande e Pardo Pequeno (ambos no sentido E-W), formando o Rio Pardo; a parte leste da área de estudo corresponde a trecho do Alto Rio Jequitinhonha (sentido S-N), drenado pelo Rio Pinheiro (sentido SW-NE) e demais tributários da margem esquerda deste rio (Figura07).

Embora o Ribeirão das Varas seja apenas um dos tributários do Rio Pardo Grande, foi incluindo como curso d'água principal por ser relevante para este trabalho ao perpassar as áreas de validação de campo. Além desta e de outras observações iniciais sobre a localização e importância da paisagem, e tendo por referenciais teóricos os enfoques morfodinâmico e geossistêmico acrescidos do enfoque morfoclimático e fitogeográfico, foram realizadas

verificações das diferenças ambientais entre as porções percorridas das bacias hidrográficas do Rio São Francisco e do Rio Jequitinhonha.

Figura 07 – Mapa hidrográfico da área de estudo.



Fonte: Elaborado pelo autor.

Analisando os 06 pontos de controle ao longo do trajeto, foram registradas as seguintes variações:

- Distribuição litológica no contato geológico entre o Supergrupo Espinhaço e o Grupo Bambuí;
- Feições geomorfológicas entre os compartimentos de relevo Depressão São Franciscana e Serra do Espinhaço;
- Distribuição das coberturas pedológica e vegetal no contato fitogeográfico entre os biomas Cerrado e Mata Atlântica.

Posteriormente, estes registros foram correlacionados aos dados, estudos e mapeamentos já existentes sobre a região (TRAVASSOS; GUIMARÃES; VARELA, 2008;

GUIMARÃES; TRAVASSOS; LINKE, 2011; RODRIGUES, 2011; GUIMARÃES, 2012; RODRIGUES; TRAVASSOS, 2013; JANSEN, 2013).

3.1. Aspectos Geológicos

A área de estudo abarca a diversidade litológica na qual, a oeste, o Supergrupo São Francisco está representado pelo Grupo Bambuí, subdividido nas Formações Serra de Santa Helena (argilitos e siltitos) e Lagoa do Jacaré (calcários e margas), e, a leste, estão localizadas as rochas do Supergrupo Espinhaço (quartzitos, filitos, metargilitos e metassiltitos). Tratam-se do Cráton São Francisco, coberto por rochas do Grupo Bambuí, e da Faixa de Dobramento Araçuaí, representada pelos dobramentos do Cinturão Orogênico da Serra do Espinhaço (ABREU, 1995; SAADI, 1995; UHLEIN; TROMPETTE; EGYDIO-SILVA, 1995; KNAUER et al., 2011; RODRIGUES, 2011; GUIMARÃES, 2012; FOGAÇA, 2012).

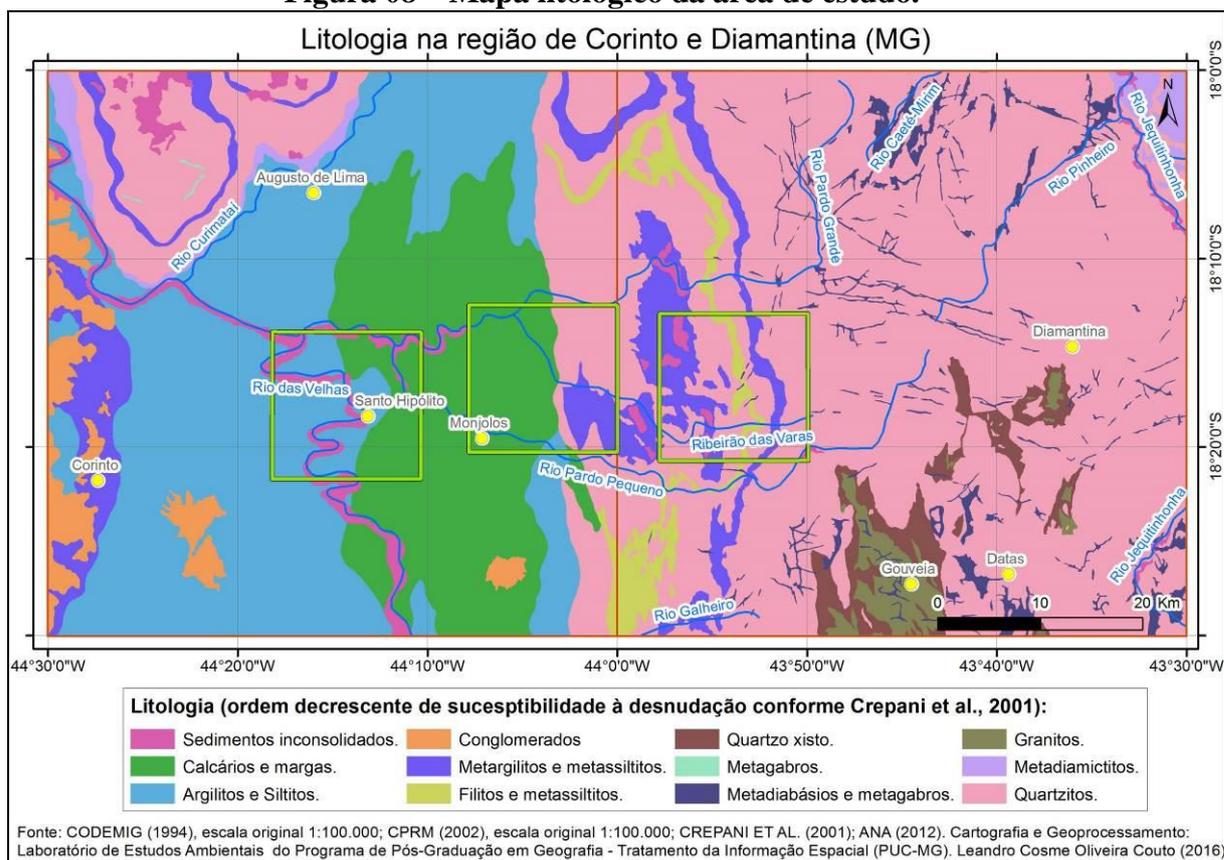
A unidade estrutural do Cráton do São Francisco é constituída, estratigraficamente, pelo embasamento de idade arqueana/paleoproterozóica, não remobilizado, da região de Belo Horizonte; pelo Supergrupo Espinhaço da região da Serra do Cabral; e pela Formação Jequitai e pelo Grupo Bambuí, estes dois últimos geralmente inclusos no Supergrupo São Francisco. (...)

A Faixa de Dobramentos Araçuaí pode ser subdividida em dois domínios estruturais. (...) A unidade externa da Faixa Araçuaí é constituída pelo embasamento remobilizado pela orogênese brasileira (Anticlinórios de Gouveia, Porteirinha e de Guanhões), o Supergrupo Espinhaço da serra homônima (setor meridional) e o Grupo Macaúbas (incluindo o Complexo ou Unidade Salinas, conforme Pedrosa Soares et al. 1992).

A unidade interna da Faixa Araçuaí constitui o prolongamento norte do Cinturão Atlântico ou da Faixa Ribeira. (...) (UHLEIN; TROMPETTE; EGYDIO-SILVA, 1995, p. 99).

Na área de estudo ocorrem, predominantemente, rochas metassedimentares (quartzitos) em toda a extensão da Carta Topográfica de Diamantina (E) e de rochas sedimentares (argilitos, siltitos, conglomerados, calcários e margas) na Carta Topográfica de Corinto (W), conforme figura 08. Na borda leste e na porção noroeste da Carta de Corinto ocorrem quartzitos em faixa longitudinal (respectivamente extensão dos quartzitos da Carta Diamantina e arte sul da Serra do Cabral).

Figura 08 – Mapa litológico da área de estudo. ¹⁴



Fonte: Elaborado pelo autor.

Os quartzitos estão intercalados por outras rochas em maior quantidade metamórficas (metadiabásios, metagabros e metadiamicictitos) e, em menor quantidade, por rochas ígneas (granito) e metamórficas (quartzo xisto e filitos). Por sua vez, no contato entre os conglomerados e os argilitos e siltitos há a ocorrência de metassiltitos. Nos vales dos principais rios ocorrem depósitos aluvionares recentes cujos sedimentos são oriundos de locais a montante.

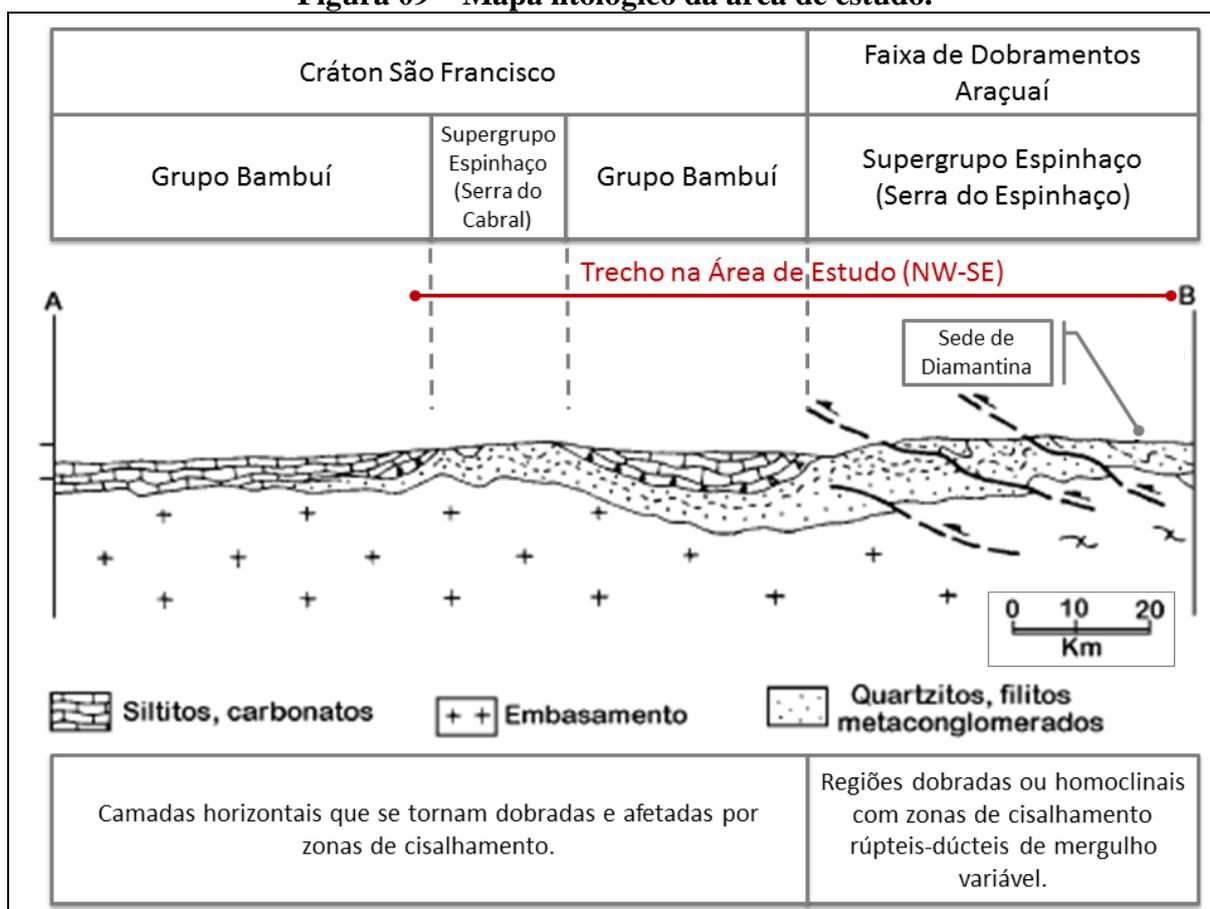
As áreas de validação em campo contemplam litologias com diferentes susceptibilidades à denudação e que repercutem em diferentes formas de relevo. Ordenando-se as rochas existentes na área de estudo na escala de susceptibilidade à denudação estabelecida por Crepani et al. (2001), as rochas metassedimentares polarizadas pelos quartzitos são as mais resistentes e as rochas sedimentares representadas pelos calcários são as mais susceptíveis à denudação.

Uhlein, Trompette e Egydio-Silva (1995) apresentam uma seção estrutural esquemática do Cráton São Francisco e da porção externa da Faixa Araçuaí, a qual secciona a

¹⁴ Figura ampliada e incluída no Apêndice desta Dissertação.

área das Cartas Corinto e Diamantina no sentido NW-SE. As rochas do Grupo Bambuí localizadas entre as Serras do Cabral e do Espinhaço correspondem a camadas horizontais que se tornam dobradas e afetadas por zonas de cisalhamento, conforme figura 09. A estratigrafia nas áreas de validação em campo é apresentada o quadro 08.

Figura 09 – Mapa litológico da área de estudo.



Fonte: Adaptado de Uhlein, Trompette e Egydio-Silva (1995).

Quadro 08 – Estratigrafia nas áreas de validação em campo.

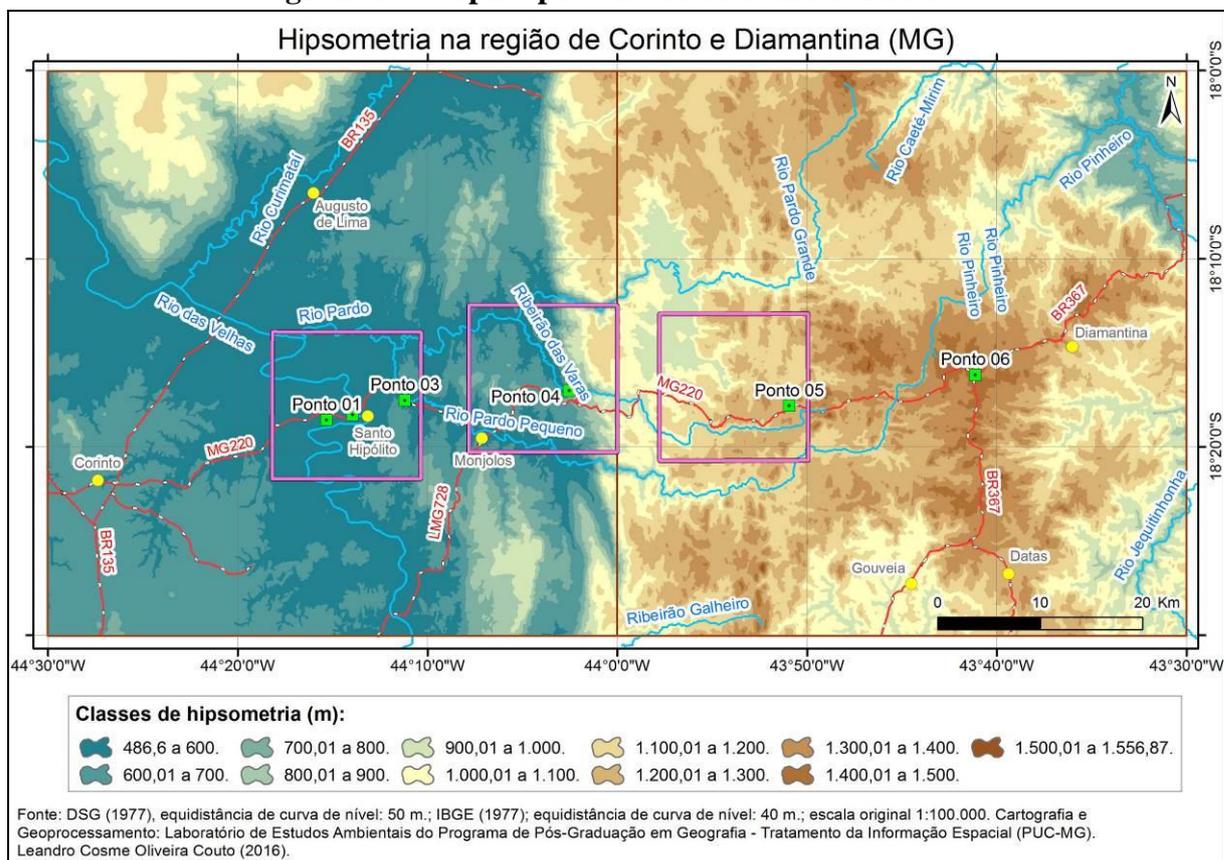
Geocronologia	Áreas de validação em campo	Unidade litoestratigráfica		Litologia
		Supergrupo ou Grupo	Formação	
Cenozoico	Oeste	Depósitos aluvionares		Sedimentos inconsolidados
Neoproterozoico	Oeste e Central	Bambuí	Lagoa do Jacaré	Calcários e margas
	Central		Serra de Santa Helena	Argilitos e siltitos
			Macaúbas Indiviso	
Mesoproterozoico	Central e Leste	Espinhaço	Rio Pardo Grande	Metargilitos e metassiltitos
	Leste		Córrego Pereira	Quartzitos

Fonte: Elaborado pelo autor com base em Uhlein; Trompette; Egydio-Silva (1995), CPRM (2002); Knauer et al. (2011), Guimarães, Travassos e Linke (2011), Fogaça (2012) e Guimarães (2012).

3.2. Aspectos Geomorfológicos

A da área de estudo apresenta considerável amplitude altimétrica, conforme figura 10.

Figura 10 – Mapa hipsométrico da área de estudo.¹⁵



Fonte: Elaborado pelo autor.

As cotas mais elevadas do relevo integram a:

Serra do Espinhaço — grande divisor hidrográfico interposto entre as bacias do centro-leste brasileiro e a do rio São Francisco — constitui, em Minas Gerais, um conjunto de terras altas, com forma de bumerangue de direção geral norte-sul e convexidade orientada para oeste. A denominação “serra” esconde, no entanto, uma realidade fisiográfica que seria melhor definida pelo termo “planalto”. (SAADI, 1995, p. 41)

Saadi (1995) ainda aponta que a geometria encurvada da Serra do Espinhaço consiste em dois compartimentos de planaltos distintos em litoestrutura e morfologia: um é meridional, com direção SSE-NNW, e outro setentrional, com direção SSW-NNE. São separados por uma zona deprimida alongada na direção SE-NW, localizada imediatamente a

¹⁵ Figura ampliada e incluída no Apêndice desta Dissertação.

norte de Diamantina, no município de Couto de Magalhães de Minas. As cotas de menores altitudes do relevo estão na planície do Rio das Velhas, que integra a Depressão São Franciscana:

“(...) uma depressão relativa sendo limitada pelos domínios morfoestruturais das extensas faixas de dobramentos, e coberturas metassedimentares associadas e de coberturas sedimentares plio-pleistocênicas a leste e a oeste. A sul limita-se por unidades do embasamento cristalino, como os Planaltos do Centro-Sul de Minas e a norte pelo Embasamento do nordeste, este recebendo o baixo curso do rio São Francisco.” (RODRIGUES; TRAVASSOS, 2013, p. 237)

O mapeamento de unidade de relevo realizado pelo IBGE (2006) identifica a Serra do Espinhaço e a Depressão São Franciscana como dois compartimentos geomorfológicos distintos. Enquanto a *Serra do Espinhaço* se estende do centro do Estado até o limite norte, a *Depressão do Alto Médio São Francisco* parte do centro oeste do Estado (Serra da Canastra), perpassa o noroeste e segue para o interior do Estado da Bahia. Não obstante, o Instituto de Geociências Aplicadas (IGA), na divisão geral do relevo de Minas Gerais, distingue estes dois compartimentos como sendo:

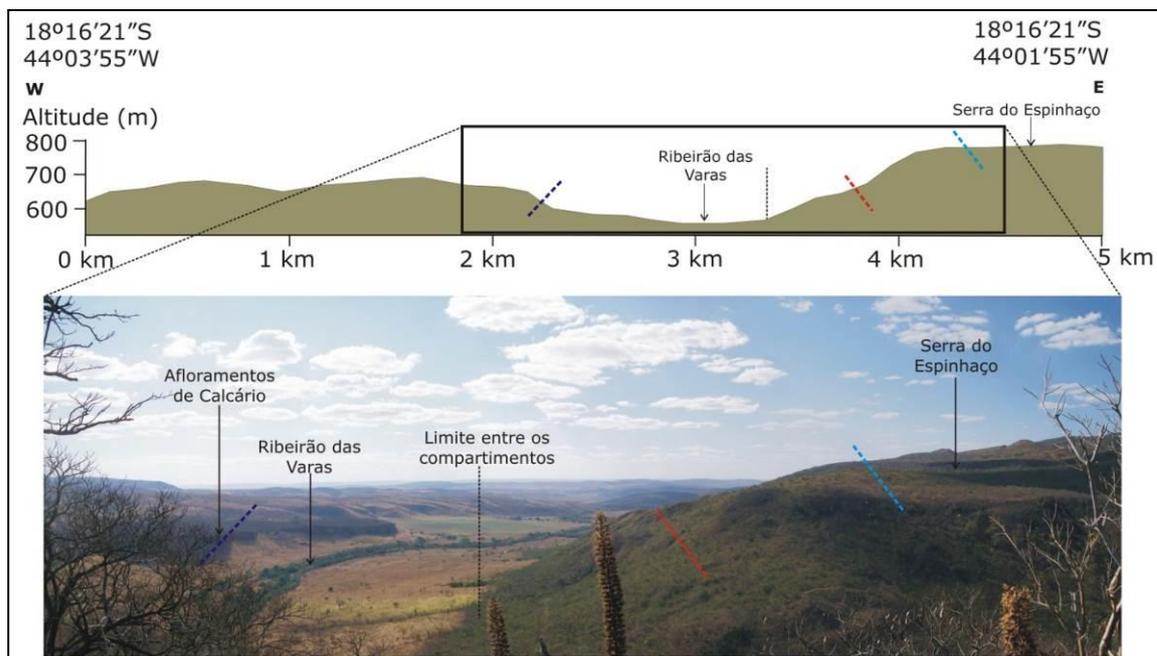
- *Serra do Espinhaço*: localizada na parte central de Minas Gerais e com desenvolvimento longitudinal, limitando-se ao sul pelo Quadrilátero Ferrífero e, ao ultrapassar a divisa norte do Estado, prolongando-se pelo interior da Bahia; apresenta predominantemente formas de dissecação em rochas restos de antigas superfícies de aplainamento que se alternam com picos e cristas elaboradas em quartzitos expostos em grandes escarpas geralmente orientadas por fraturas.
- *Depressão São Franciscana*: localizada ao longo da drenagem do Rio São Francisco, apresentando formas de relevo aplainadas (em torno de 500 metros de altitude), superfícies onduladas e pedimentos ravinados; a paisagem no contato com a Serra do Espinhaço exhibe relevo acidentado no qual ocorrem colinas e cristas com vertentes ravinadas e vales encaixados com destaque para as feições próprias os relevos cársticos desenvolvidos em rochas carbonáticas.

A área de estudo abarca, a leste, trecho da porção meridional da Serra do Espinhaço, e, a oeste, trecho da Depressão do Alto Médio São Franciscana. A diferença altimétrica ao longo da vertente oeste da Serra do Espinhaço se destaca na paisagem.

Rodrigues (2011) associa a existência do contato entre diferentes unidades geomorfológicas a diferenciações litológicas, exemplificada pelo pequeno, mas amplo vale do Ribeirão das Varas, próximo ao Ponto de Controle 04. Conforme figura 11, as águas do Ribeirão das Varas drenam três tipos distintos de terrenos:

- A várzea do Ribeirão das Varas, assentada sobre quartzitos do Supergrupo Espinhaço;
- Vertentes da margem esquerda, escarpadas e compostas por afloramentos de calcário do Grupo Bambuí com altitudes que variam de 10 a 20 m;
- Vertentes da margem direita, com forte ondulação e composta por metapelitos e lentes de dolomito pertencentes ao Supergrupo Espinhaço.

Figura 11 – Visada NNW do Ponto de Controle 04 (18,28° S e 44,04° W) e Perfil Altimétrico Oeste-Leste.



Fonte: Elaborado por Rodrigues (2011).

Assim, o contato litológico entre o Supergrupo Espinhaço e o Grupo Bambuí se manifesta na porção central da paisagem da área de estudo através de ruptura altimétrica delineada longitudinalmente de norte a sul. Os Rios Pardo Grande e Pardo Pequeno (direcionados para oeste) e o Rio Pinheiros (direcionado para leste) nascem em altitudes próximas a 1.400 metros, sobre quartzitos, e deságuam no seu nível de base em altitudes próximas a 500 metros. Na porção oeste da área de estudo um trecho meandrante do Rio das Velhas consolida paulatinamente sua planície sobre rochas sedimentares; no extremo leste o Rio Jequitinhonha controla o aprofundamento da rede de drenagem em vales sobre quartzito. A existência e a dinâmica desses vales encaixados corroboram a ocorrência de um provável rifteamento apontado por Abreu (1995) e Saadi (1995).

Não obstante as origens distintas dos dados litológicos e topográficos, a localização predominante das rochas metassimentares (e.g.: quartzitos) se correlaciona com as altitudes

maiores da paisagem (planalto acima de 900 metros), assim como as rochas sedimentares (e.g.: argilito e siltitos) se correlacionam predominantemente com as altitudes menores da paisagem (planície abaixo de 900 metros). Guimarães (2012) mapeia estes dois compartimentos respectivamente como *Serras, Patamares e Escarpas do Espinhaço* e como *Superfícies Aplainadas da Depressão Periférica do São Francisco*.

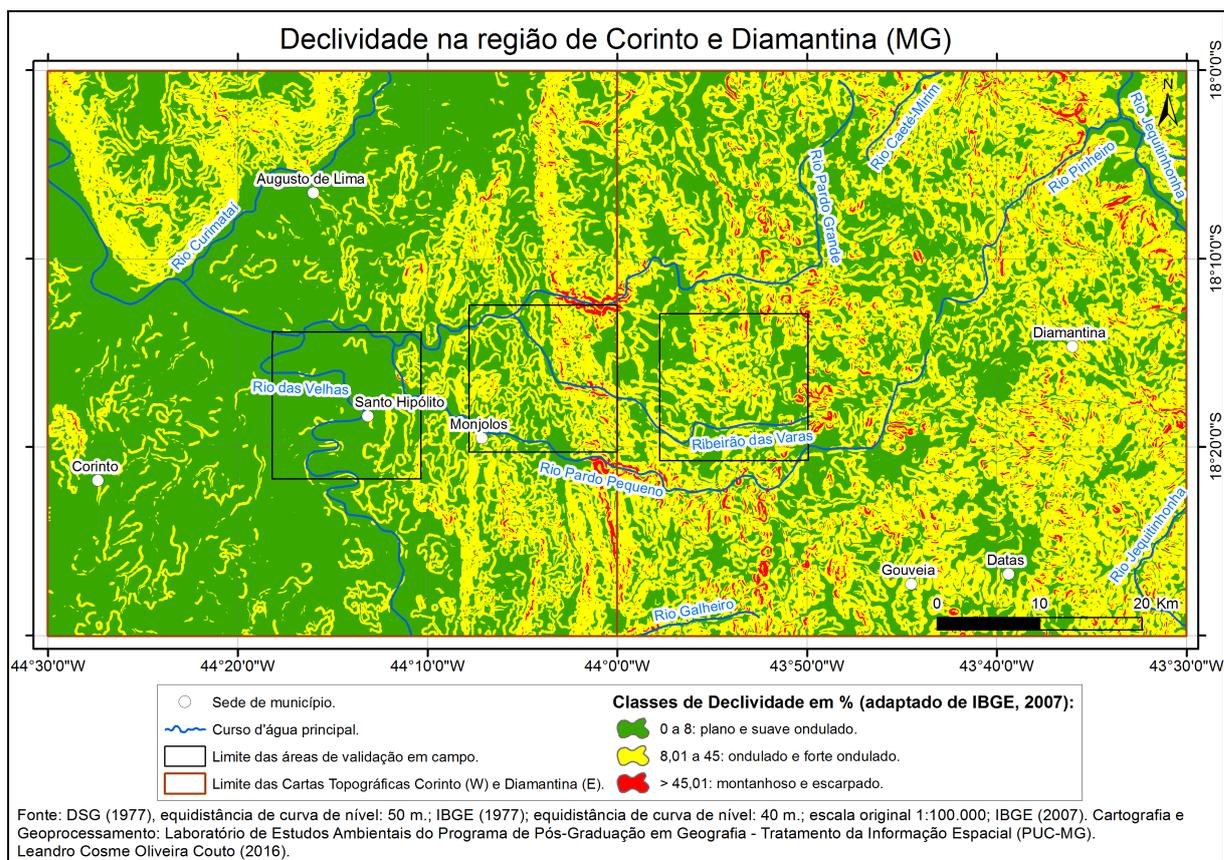
Todavia, essa correlação geral não se aplica às rochas sedimentares como os calcários e margas, que são encontrados em altitudes até 900 metros em alguns trechos e são perpassadas pelos Rios Pardo Grande e Pardo Pequeno em altitudes de 600 metros em outros. Guimarães, Travassos e Linke (2011, p.239) caracterizam o relevo cárstico da região de Monjolos “pela presença dos maciços calcários ou serras baixas, colinas amplas e suaves e superfícies aplainadas características dos relevos elaborados sobre rochas carbonáticas com as altitudes variando entre 520 a 800 metros”.

Para essa região, Guimarães (2012) reconhece a existência de superfícies aplainadas encravadas em planaltos residuais do compartimento geomorfológico da Depressão São Franciscana. Na área de estudo o trecho mapeado por Guimarães (2012) como Planaltos Residuais do São Francisco atua como transição altimétrica entre o planalto da Serra do Espinhaço e a planície da Depressão São Franciscana.

Nesse cenário, as variações altimétricas sugerem, ainda, outra correlação espacial com a litologia, confirmada pela distribuição espacial da declividade e da rugosidade topográfica do modelado terrestre, apresentadas nas figuras 12, 13 e 14.

Onde a declividade está acima de 08 %, implicando a classificação da declividade do modelado terrestre como ondulado, forte ondulado, montanhoso ou escarpado, ocorrem rochas metassedimentares (principalmente) e os calcários e margas. Há trechos planos e suave ondulados em altitudes mais elevadas, compondo porções planálticas encravadas em terrenos de declividade acima de 08 % (conforme visada no Ponto de Controle 05 cuja visada é apresentada na figura 13).

Figura 12 – Mapa de declividade na área de estudo.¹⁶



Fonte: Elaborado pelo autor.

Figura 13 – Visada ESE do Ponto de Controle 05 (18,29° S e 43,84° W).¹⁷



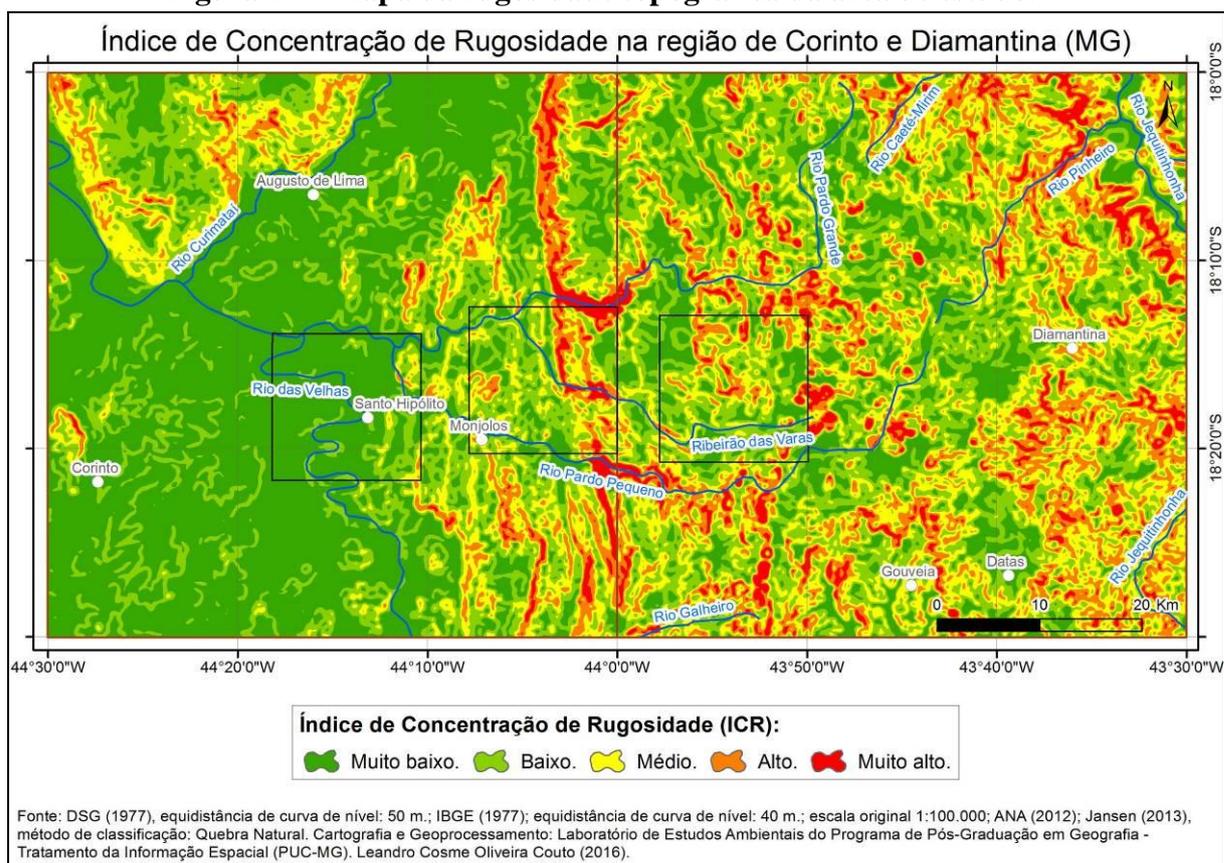
Fonte: Elaborada pelo autor, 19/06/2015.

Por sua vez, onde a declividade está abaixo de 08%, implicando a classificação do modelado terrestre como plano ou suave ondulado, ocorrem as demais rochas sedimentares. A predominância dessas classes coincide com a porção de planície na paisagem da área de estudo.

¹⁶ Figura ampliada e incluída no Apêndice desta Dissertação.

¹⁷ Figura ampliada e incluída no Apêndice desta Dissertação.

Figura 14 – Mapa da rugosidade topográfica da área de estudo.¹⁸



Fonte: Elaborado pelo autor.

No mapa de rugosidade topográfica apresentado na figura 14, é possível discernir trechos com muito baixo índice de rugosidade, tanto na maior porção de planície localizada a oeste na área de estudo, quanto em porções pequenas em trechos com alto e muito alto índice de rugosidade nas porções central e leste. Centralizado na área de estudo, o alinhamento longitudinal com valores alto e muito alto de rugosidade atesta o contato morfoestrutural entre a Depressão São Franciscana, a oeste, e a Serra do Espinhaço, a leste. A norte e a sul da sede municipal de Monjolos, valores intermediários de rugosidade topográfica, nas classes Baixo, Médio e Alto denotam a localização do relevo cárstico.

3.3. As Cavidades Naturais Subterrâneas.

A existência de cavidades naturais subterrâneas possui maior potencial de ocorrência conforme o tipo de rocha. Conforme terminologia utilizada por Guimarães, Travassos e Linke (2011) e por Jansen (2013), entre outros autores, as condições espeleológicas, que ocorrem

¹⁸ Figura ampliada e incluída no Apêndice desta Dissertação.

em calcários, configuram a paisagem cárstica tradicional e as condições espeleológicas que ocorrem em quartzitos e demais rochas configuram uma paisagem cárstica não tradicional.

O quadro 09 apresenta gradação de potencialidade espeleológica elaborada por Jansen (2011) e validados pelo CECAV conforme litotipo:

Quadro 09 – Grau de potencialidade de ocorrência de cavernas conforme litologia.

Litotipo	Grau de potencialidade espeleológica
Calcário, Dolomito, Evaporito, Metacalcário, Formação ferrífera bandada, Itabirito e Jaspilito	Muito Alto
Calcrete, Carbonatito, Mármore e Marga	Alto
Arenito, Conglomerado, Filito, Folhelho, Fosforito, Grauvaca, Metaconglomerado, Metapelito, Metassilito, Micaxisto, Milonito, Quartzito, Pelito, Riolito, Ritmito, Rocha calci-silicática, Silito e Xisto	Médio
Anortosito, Arcóseo, Augengnaise, Basalto, Charnockito, Diabasio, Diamictito, Enderbitito, Gabro, Gnaise, Granito, Granitóide, Granodiorito, Hornfels, Kinzigito, Komatito, Laterita, Metachert, Migmatito, Monzogranito, Oliva gabro, Ortoanfíbilito, Sienito, Sienogranito, Tonalito, Trondhjemitito, entre outros litotipos	Baixo
Aluvião, Areia, Argila, Cascalho, Lamito, Linhito, Turfa e outros sedimentos	Ocorrência Improvável

Fonte: Jansen (2011).

Disponível em: <<http://www.icmbio.gov.br/CECAV/projetos-e-atividades/potencialidade-de-ocorrencia-de-cavernas.html>>; Acesso em: 02/2016.

A gradação elaborada por Jansen (2011) aplicada à diversidade litológica da área de estudo gera o mapa apresentado na figura 15, na qual estão georreferenciadas 75 cavidades constantes na base de dados do CECAV (janeiro de 2016), sendo 53 em calcários e 22 em rochas siliciclásticas.

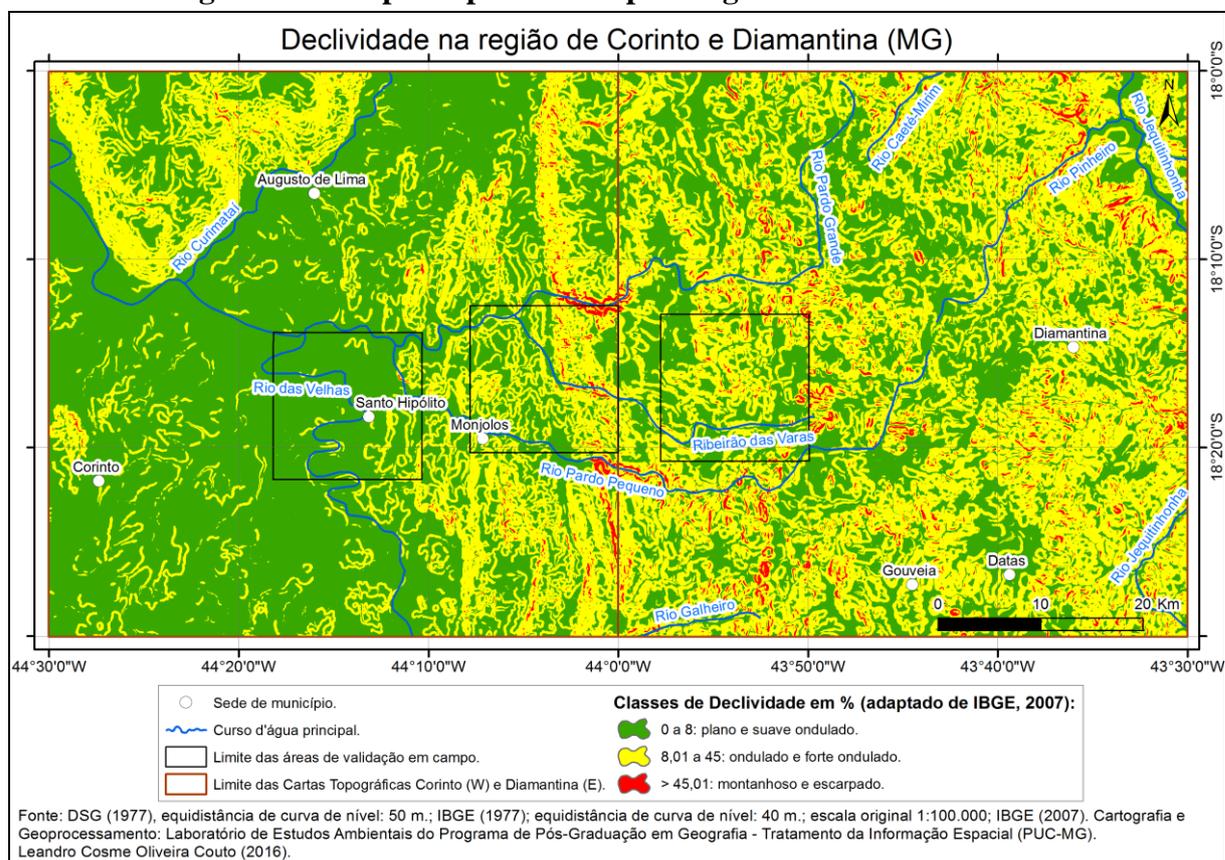
Os calcários e margas se destacam na paisagem com potencial muito alto de ocorrência de cavidades, o que é confirmado pela maior ocorrência de cavidades registradas pelo CECAV. Ademais, predomina potencial espeleológico médio na paisagem da área de estudo, onde ocorrem as demais cavidades registradas pelo CECAV e onde estão encravados alguns trechos de potencial baixo ou de ocorrências improváveis.

Na área de estudo, os calcários e margas constituem o carste tradicional, carbonático e formado pelo do intemperismo químico, sendo espacialmente distribuído no município de Monjolos e parte de Santo Hipólito. Os quartzitos e demais litologias constituem o carste não tradicional, siliciclástico, gerado pelo intemperismo físico, distribuído espacialmente no município de Diamantina.

Guimarães, Travassos e Linke (2011) descrevem o exocarste como caracterizado por maciços e paredões calcários cobertos por lapiás, dolinas, *poljes*, sumidouros e ressurgências;

o endocarste é mais conhecido na porção sul de Monjolos, enquanto na porção norte do município carece de mais estudos.

Figura 15 – Mapa do potencial espeleológico na área de estudo. ¹⁹



Fonte: Elaborado pelo autor.

Conforme Oliveira et al. (2007), citado por Travassos, Guimarães e Varela (2008), o uso das cavernas na região de Monjolos região remonta ao século XVIII através da extração de salitre (a qual desencadeou consequentes descobertas e degradação de outras cavernas) paulatinamente sucedida por celebrações religiosas. Entre as cavidades naturais subterrâneas no carste tradicional em Monjolos, Guimarães, Travassos e Linke (2011) destacam a apropriação cultural relevante em 03 cavidades:

- Lapa da Fazenda Velha (X: 594.522,315; Y: 7.979.081,769): localizada na porção norte do município de Monjolos e com entrada de fácil acesso através de um abrigo; é pouco ornamentada e possui dois pequenos condutos lineares (de 7 metros) que indicam possível fluxo hídrico passado ou moderno; apresenta grande relevância espeleológica em razão do grande número de figuras rupestres distribuídas nas paredes, tetos, degraus escalonados e blocos abatidos, com diversidade de grafismos.

¹⁹ Figura ampliada e incluída no Apêndice desta Dissertação.

- Gruta Bonina (X: 592.836,474; Y: 7.981.660,138): localizada na porção norte do município de Monjolos, especificamente na região conhecida como Salobro; possui 07 metros de desenvolvimento linear, com a sendo um abrigo com gravuras rupestres divididas nos conjuntos de figuras geométricas, nos suportes horizontais, de zoomorfos e antropomorfos estão situados, na parede vertical, em similitude às gravuras da Lapa da Fazenda Velha; há grafismos que registram a presença de diferentes visitantes, demonstrando o uso da gruta em relações interpessoais e topológicas (lugar especial e de descanso).
- Gruta do Pau Ferro (X: 594.336,304; Y: 7.974.388,071): conforme Oliveira et al. (2007), citado por Travassos, Guimarães e Varela (2008) e Guimarães, Travassos e Linke (2011), é uma gruta tombada como patrimônio municipal, localizada próxima a sede de Monjolos, e envolve em forte sentimento religioso da comunidade; possui com cinco entradas e uma claraboia e desenvolvimento linear de 701,8 metros na direção longitudinal preferencial SW-NE; embora bastante ornamentada com diversos espeleotemas, o fácil acesso conjugado a falta de orientação aos visitantes resulta na ocorrência de espeleotemas danificados e pichações nas paredes próximas às entradas; o conduto principal é percorrido pelo Córrego Pau Ferro, intermitente e afluente do Rio Pardo Pequeno.

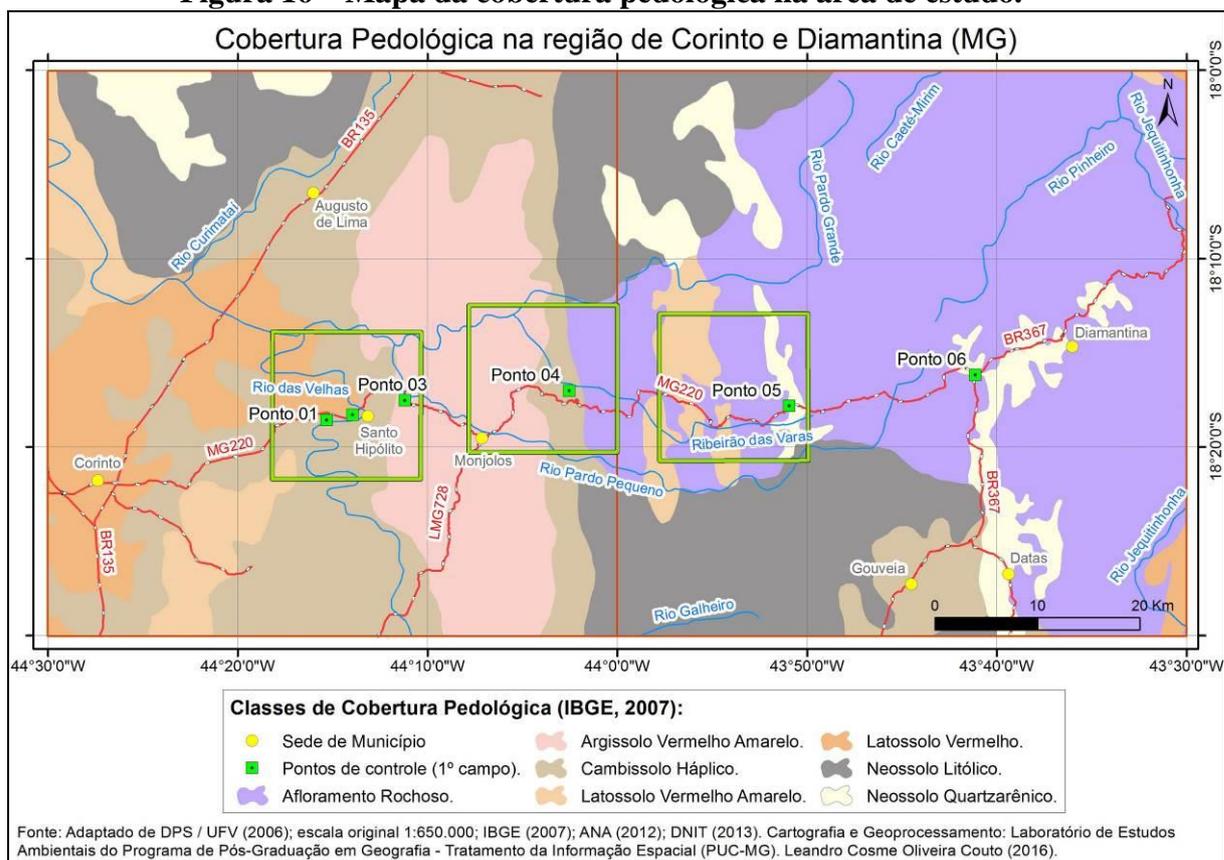
Essas três cavidades, entre outras, estão inseridas na área de validação de campo denominada Central, com destaque para a Gruta do Pau Ferro como a de maior projeção horizontal entre as três. Especificamente, na área de validação de campo Oeste, estão identificadas somente duas cavidades, ambas em calcário: Grutinha da Coca e Gruta dos Quatro Morcegos. As demais cavidades existentes no carste de Monjolos carecem de estudo e/ou pesquisa para melhor conhecimento, conforme indicado por Travassos, Guimarães e Varela (2008) e Guimarães, Travassos e Linke (2011).

Na área de validação Leste, sobre rochas metassedimentares do Supergrupo Espinhaço, está identificada apenas uma cavidade em quartzito denominada Lapa do Caboclo, já registrada há mais tempo, conforme Travassos, Guimarães e Varela (2008). Entretanto, a região também necessita de estudo e/ou pesquisa para melhor conhecimento, a exemplo de Fabri (2011), que identificou 11 grutas em quartzito na região de Itambé do Mato Dentro.

3.4. Cobertura Pedológica

A conjugação da diversidade litológica com os aspectos geomorfológicos de rugosidade topográfica e de diferenciação altimétrica existentes na área de estudo resultou em uma relativamente coerente distribuição espacial da cobertura pedológica, mapeada pelo Departamento de Solos da Universidade Federal de Viçosa (DPS / UFV, 2006) e apresentada na figura 16:

Figura 16 – Mapa da cobertura pedológica na área de estudo. ²⁰



Fonte: Elaborado pelo autor.

Sobre rochas metassedimentares do Supergrupo Espinhaço ocorrem cobertura pedológica mais recente (neossolos litólicos e quartzarênicos) ou inexistente (afloramento rochoso); sobre rochas sedimentares do Grupo Bambuí ocorre cobertura pedológica mais antiga (argissolos, latossolos e cambissolos).

Os afloramentos rochosos de quartzitos estão encravados por manchas de neossolos quartzarênicos que se dão de maneira azonal sobre quartzito xisto, metargilitos e metassiltitos, em variados tipos de rugosidade topográfica. Nas imediações da sede municipal de Gouveia a ocorrência de cambissolo háplico está claramente associada à presença de quartzito xisto e granito. A ocorrência de latossolo vermelho amarelo em meio a afloramentos de quartzito ocorre sobre metargilitos e metassiltitos conjugados a muito baixa rugosidade topográfica.

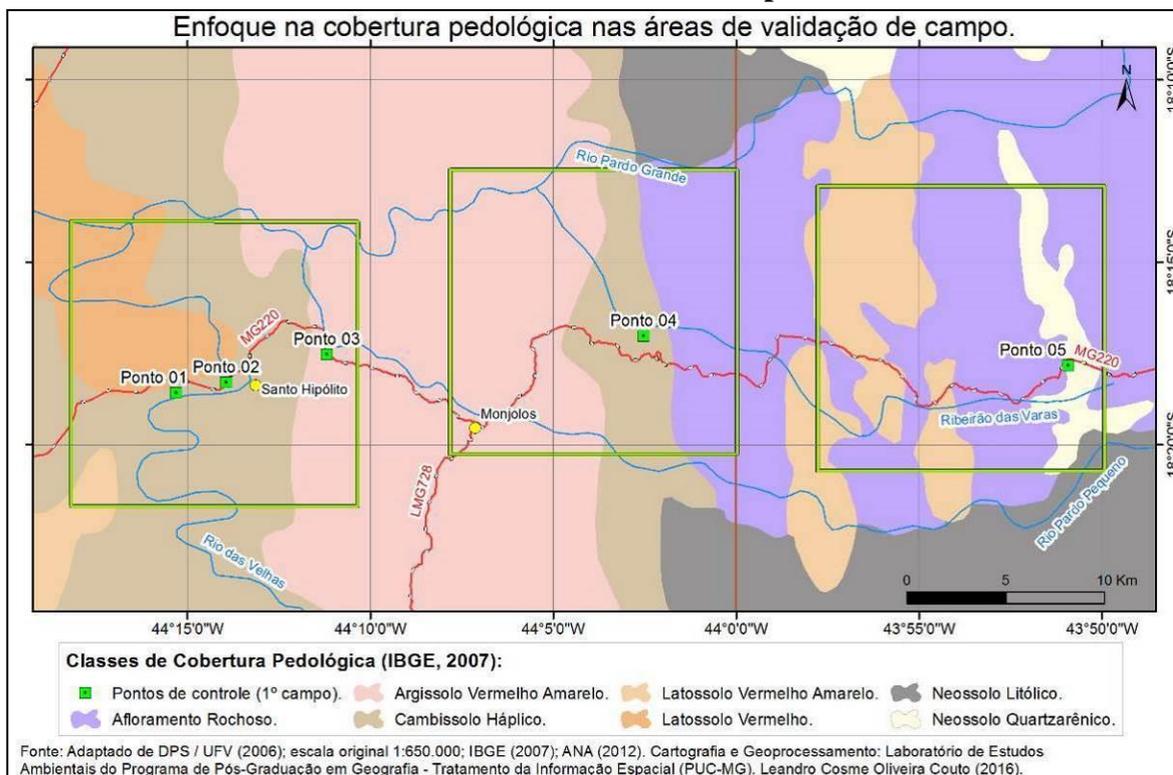
Ao norte do Rio Pardo Grande, a sul do Rio Pardo Pequeno e no entorno da Serra do Cabral, noroeste da área de estudo, ocorrem neossolos litólicos predominantemente sobre quartzitos associados a um relevo ondulado e fortemente ondulado. Na porção central da área de estudo ocorrem argissolos sobre calcários e margas. Sobre argilitos, siltitos e conglomerados ocorrem latossolos intercalados por cambissolos.

²⁰ Figura ampliada e incluída no Apêndice desta Dissertação.

Dada a generalização inerente à escala pequena do mapeamento realizado pelo DPS / UFV (2006), a verificação em campo identificou diferentes tipos de solo para as áreas de validação Oeste (Ponto 01), Central (Ponto 03) e Leste (Ponto 05, complementado pelo Ponto 06). Conforme figura 17, no mapeamento feito pelo DPS / UFV (2006) o Ponto 01 está sobre cambissolo háplico e próximo ao contato deste com o latossolo vermelho. Entretanto, em campo, ocorre o latossolo vermelho. O mesmo ocorre no Ponto 03, que está sobre argissolos, mas, em campo, está sobre neossolo litólico. Os Pontos 05 e 06 estão sobre neossolo quartzarênico e próximos ao contato deste com afloramento rochoso, porém, em campo, estão respectivamente sobre espodossolo e plintossolo.

Para as áreas de validação de campo Leste e Central, já estudadas especificamente por Guimarães (2012) em maior escala cartográfica, nota-se a existência dos tipos de neossolos flúvicos, latossolos, argissolos e cambissolos sobre o Grupo Bambuí e neossolos litólicos e afloramentos rochosos, com manchas de latossolos sobre o Supergrupo Espinhaço. Ocorrências de vertissolos e gleissolos também foram identificadas, porém, devido à escala utilizada para o mapeamento não aparecem no mapa de solos produzido pela autora com base no Projeto Rio das Velhas (CPRM) e apresentado na figura 18.

Figura 17 – Enfoque nas áreas de validação de campo e registros dos tipos de solos identificados no trabalho de campo inicial.



**Ponto de controle 01:
Perfil de Latossolo.**



**Ponto de controle 03:
Perfil de Neossolo
Litólico.**

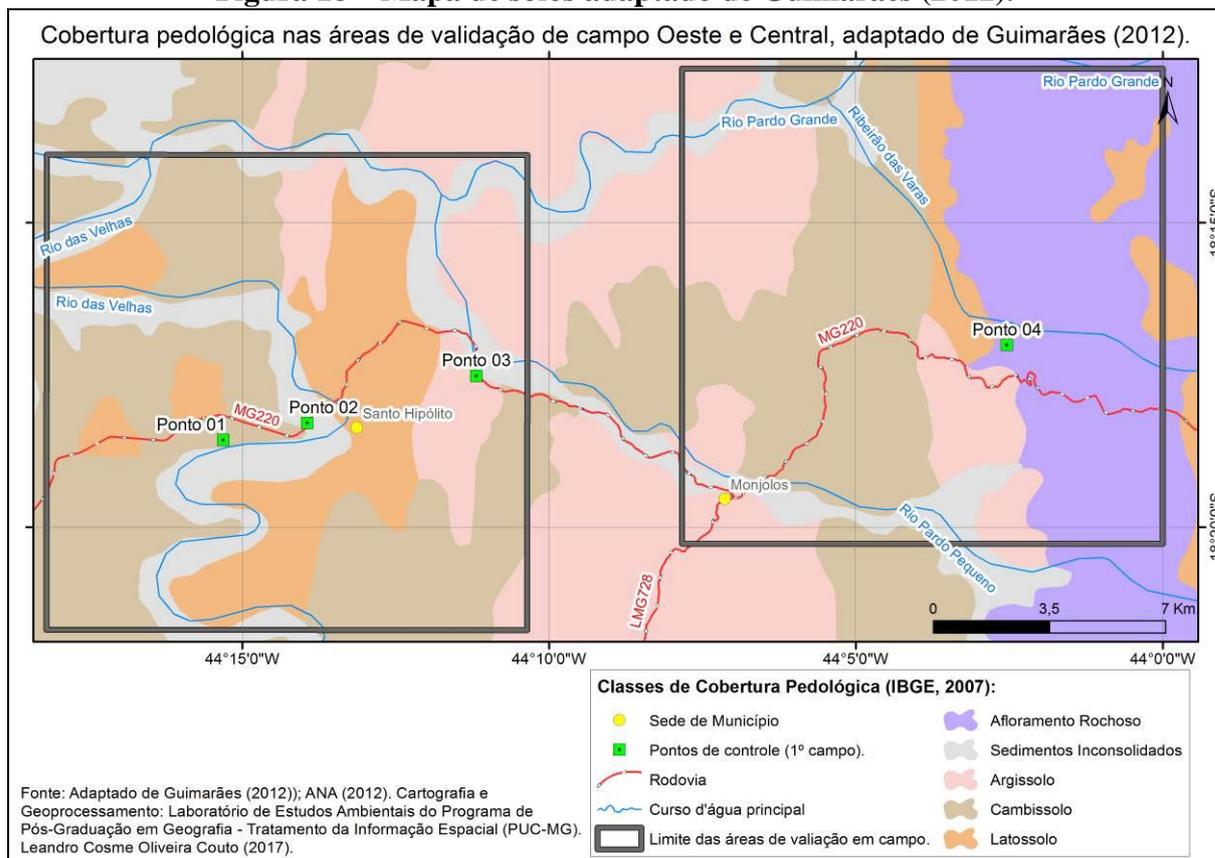


**Ponto de controle 05:
Tradagem de
Espodossolo.**

Fonte: Fotos do autor em trabalho de campo realizado de 19 a 21/06/2015 como requisito parcial da disciplina *Estudos Integrados de Meio Ambiente*, ministrada pelo professor Dr. Guilherme Taitson Bueno entre 02/03/2015 e 08/06/2015, integrante do Programa de Pós-Graduação em Geografia – Tratamento da Informação Espacial, da PUC Minas.

Fonte: Elaborado pelo autor.

Figura 18 – Mapa de solos adaptado de Guimarães (2012).



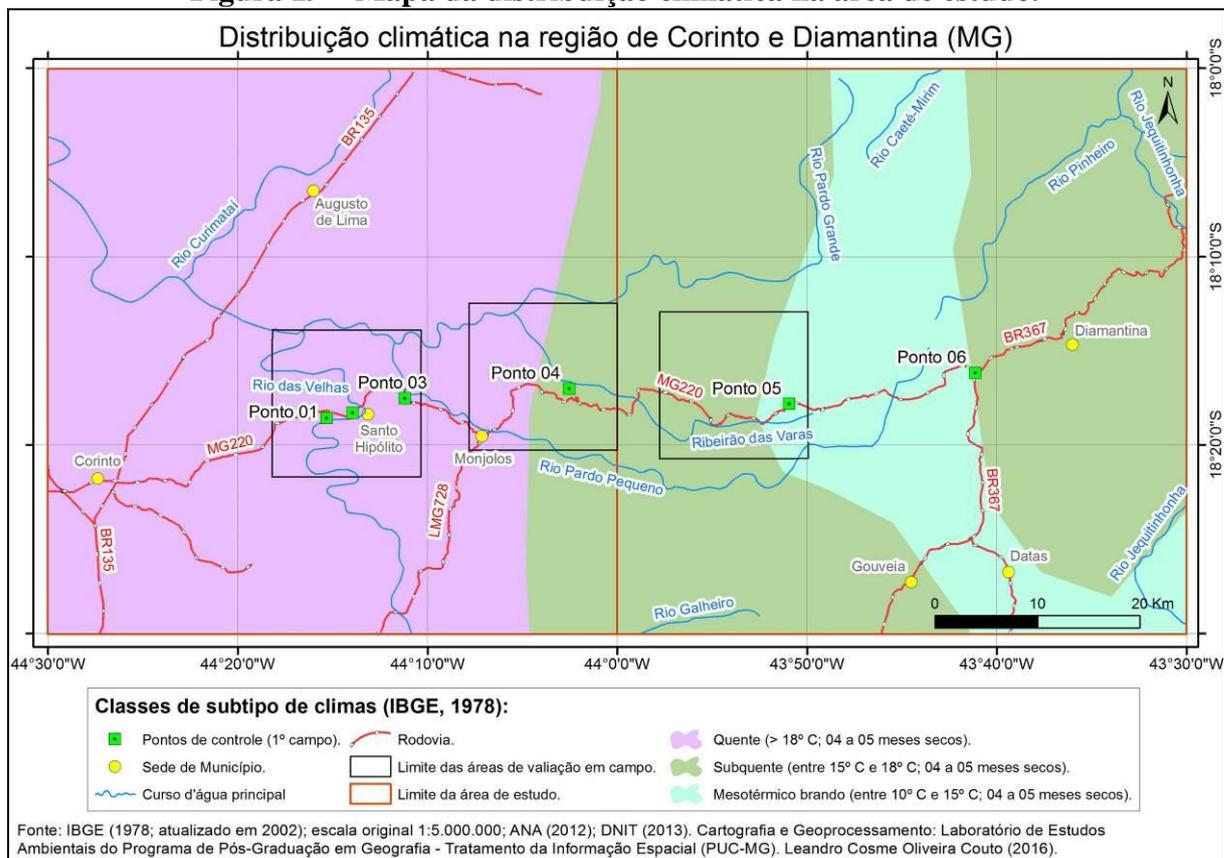
Fonte: Adaptado de Guimarães (2012).

3.5. Aspectos Climáticos

No Mapa de Climas do Brasil (IBGE, 1978) a região sudeste possui clima zonal Tropical Brasil Central com diversas variações (subtipos) associadas à topografia e/ou à localização. Sant'Anna Neto (2005) distingue 14 subtipos climáticos nesta região, dentre os quais 03 subtipos existem na área de estudo (Figura 19).

Em similitude à correlação entre distribuição litológica e variação altimétrica, também ocorre correlação entre a distribuição climática e as variações no relevo. As sedes municipais de Santo Hipólito e Monjolos, em altitudes pouco elevadas sobre a Depressão São Franciscana, estão sujeitos a clima quente, com média superior a 18° C em todo o ano, e semiúmido, com 04 a 05 meses secos. A sede de Diamantina, em altitudes elevadas sobre a Serra do Espinhaço, está sujeita a clima subquente, com média entre 15° C e 18° C em, ao menos, 01 mês do ano, e semiúmido, com 04 a 05 meses secos. As porções mais elevadas do relevo, na cumeada da Serra do Espinhaço, estão sujeitas ao subtipo mesotérmico, com média entre 10° C e 15° C em todo o ano, e semiúmido, com 04 a 05 meses secos.

Figura 19 – Mapa da distribuição climática na área de estudo.



Fonte: Elaborado pelo autor.

As áreas de validação em campo contemplam não apenas estes três subtipos, mas também, a mudança de clima quente para subquente, no caso da área de validação Central, e de subquente para mesotérmico, no caso da área de validação Leste. Coerente às condições climáticas da área de validação Central, Guimarães (2012) pondera a ocorrência de variações para o tropical de altitude em regiões serranas de Minas Gerais, como a Serra do Espinhaço, de modo que especificamente para a área de estudo as características climáticas são:

(...) fortemente influenciadas, dentre outros fatores, pelo fator orográfico. As superfícies menos elevadas da região, correspondentes aos municípios de Monjolos e Santo Hipólito, apresentam um clima mais seco e quente, em contrapartida, em regiões com maiores altitudes, correspondentes a Serra do Espinhaço, o clima é mais úmido e frio. (GUIMARÃES, 2012, p. 101)

Tanto a modelagem proposta por Crepani et al. (2001) quanto a modelagem adaptada por Jansen (2013) utilizam o Mapa Índice Reduzido (MIR) das folhas da Carta do Brasil na escala de 1:250.000. Nesse mapa, a área de estudo está inserida na carta MIR 439. Para o Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) existem valores de 1.280 mm para

precipitação média anual e período chuvoso de 7,5 meses, além de 170,7 mm de intensidade pluviométrica (a distribuição pluviométrica nos meses chuvosos).

Todavia, considerando os dados compilados por Reis, Guimarães e Landau (2012), entre as 490 estações pluviométricas mantidas pela Agência Nacional de Águas (ANA) e distribuídas em Minas Gerais, as mais próximas à área de estudo são as de Curvelo, com precipitação média anual de 1.225,8 milímetros (mm), e de Diamantina, com 1.362,7 mm, cujos dados corroboram a classificação feita pelo IBGE (1978) e a observação de Guimarães (2012).

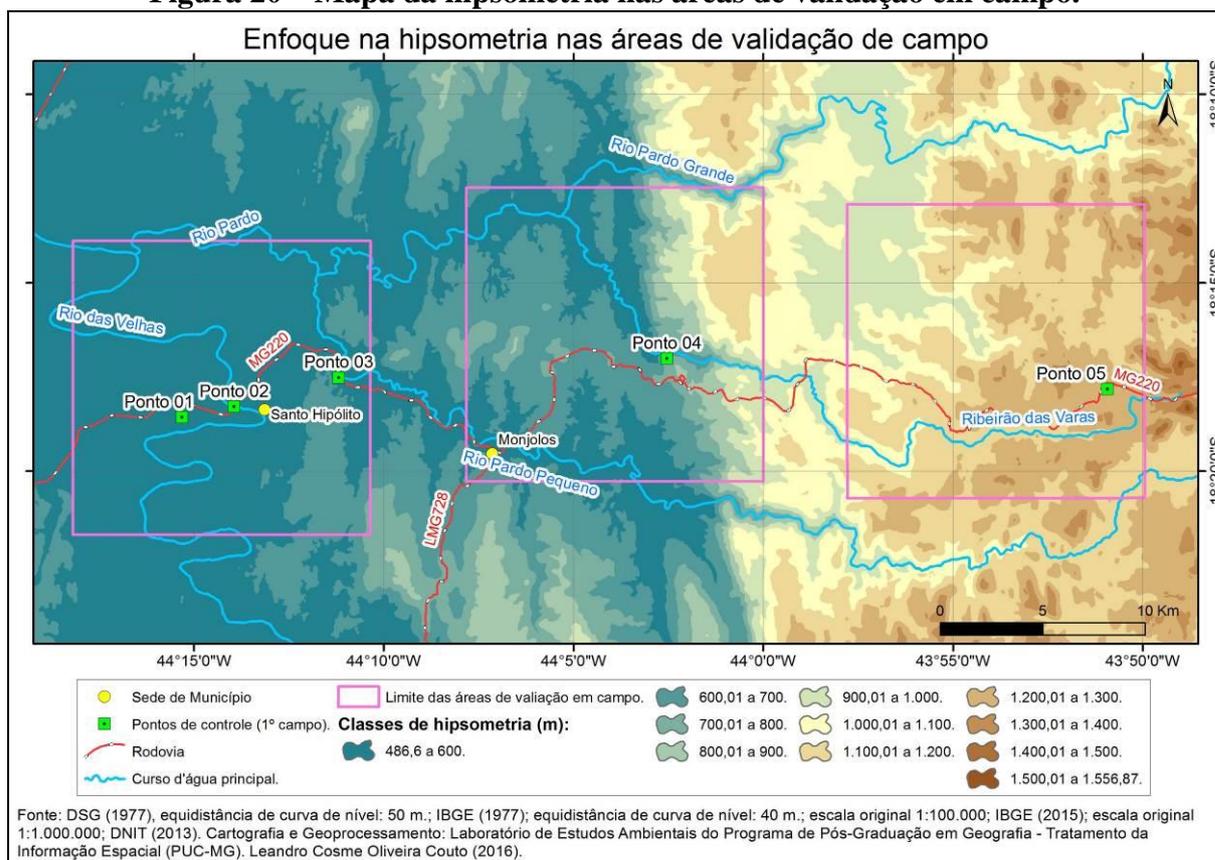
3.6. Aspectos Hidrográficos

A validação dos resultados das modelagens geoecológicas ocorre em campo através de três áreas específicas drenadas de leste para oeste em diferentes cotas altimétricas pelos Rios das Velhas, Pardo Grande, Pardo Pequeno e pelo Ribeirão das Varas. A figura 20 apresenta mapa no qual é possível discernir a amplitude altimétrica entre os trechos a montante e a jusante desses cursos d'água.

Consoante às observações de Guimarães (2012), o intenso faturamento litológico aliado à altitude resulta na Serra do Espinhaço ser uma área de recarga de aquíferos da qual surgem numerosas nascentes. O Rio Pardo Grande e seus principais afluentes (Rio Pardo Pequeno e Ribeirão das Varas) têm as nascentes na Serra do Espinhaço acima de 1.300 metros, no município de Diamantina. Fluem para oeste, perpassando o carste de Monjolos (também área de recarga de aquífero), e deságuam no Rio das Velhas, já em Santo Hipólito, abaixo de 600 metros. Todos possuem trechos coincidentes com limites intermunicipais.

Para Silva, Pedreira e Almeida-Abreu (2005) citado por Guimarães (2012), o padrão de drenagem apresentado nas duas bacias dos Rios Pardo Grande e Pequeno é triangular e sub-retangular com trechos meandantes em vastas planícies de inundação. A figura 21 apresenta a rede de drenagem sobre a rugosidade topográfica nas áreas de validação dos modelos em campo.

Figura 20 – Mapa da hipsometria nas áreas de validação em campo.

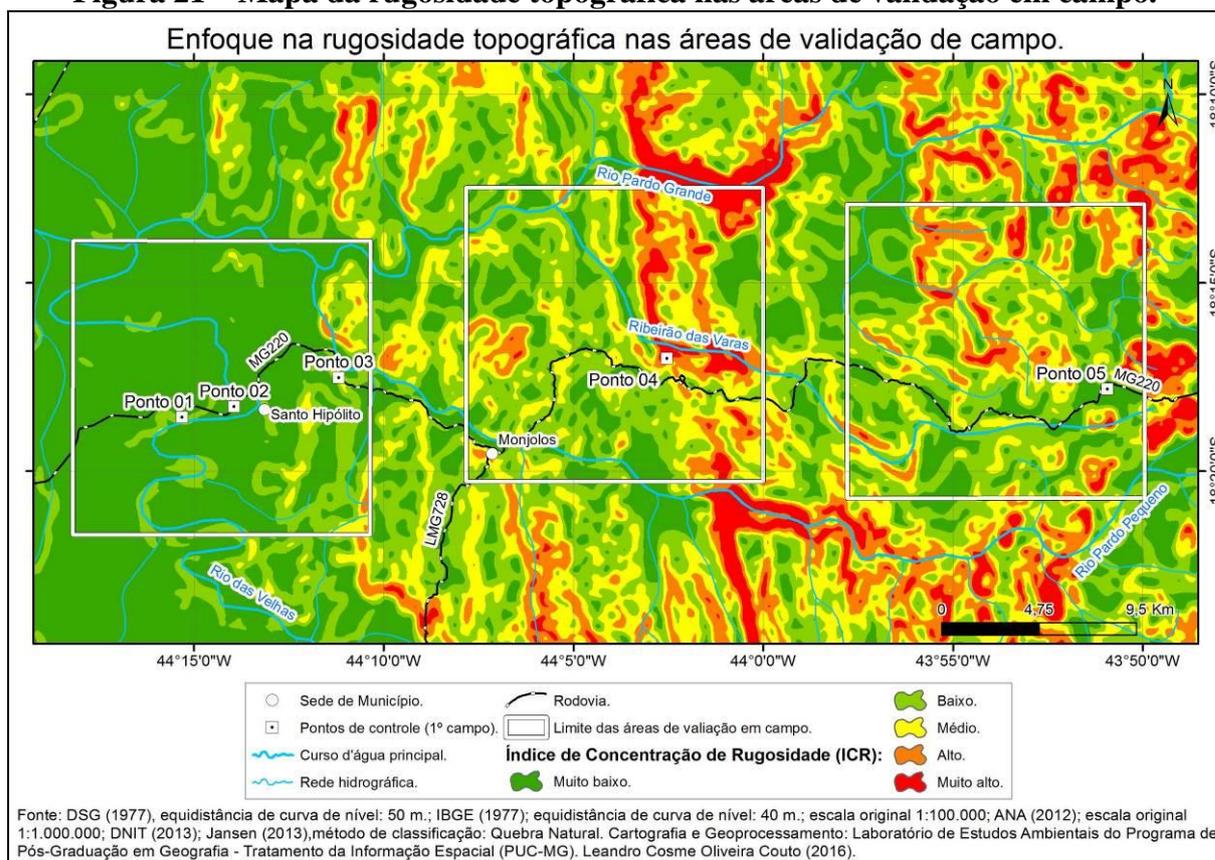


Fonte: Elaborado pelo autor.

Conjugando os estudos de campo de Rodrigues (2011) e de Guimarães (2012) às observações feitas no trabalho de campo inicial realizado em 19, 20 e 21/06/2015, os Rios Pardo Grande e Pequeno e o Ribeirão das Varas, em trechos a montante sobre o Supergrupo Espinhaço, apresentam-se em vales encaixados que aproveitam o intenso faturamento litológico regional. Em trechos a jusante sobre o carste de Monjolos ocorre relativo alargamento dos vales do Rio Pardo Grande, já após a foz do Ribeirão das Varas, o nível de base rumo ao Rio das Velhas.

Conforme mapeamento do DPS / UFV (2006), os Rios Pardo Grande e Pardo Pequeno e o Ribeirão das Varas drenam terrenos movimentados a montante, recobertos por afloramentos rochosos e neossolos litólicos (sobre rochas do Supergrupo Espinhaço: quartzitos, metargilitos e metasiltitos) e com pequenos trechos de neossolos quartzarênicos e latossolos em terrenos planos. Sobre rochas do Grupo Brambuí, a jusante, tais cursos d'água drenam terrenos recobertos por cambissolos e argilitos desenvolvidos sobre os calcários e margas do carste de Monjolos. A partir de certo ponto à jusante, estes cursos d'água correm sobre sedimentos inconsolidados por eles próprios transportados de montante.

Figura 21 – Mapa da rugosidade topográfica nas áreas de validação em campo.



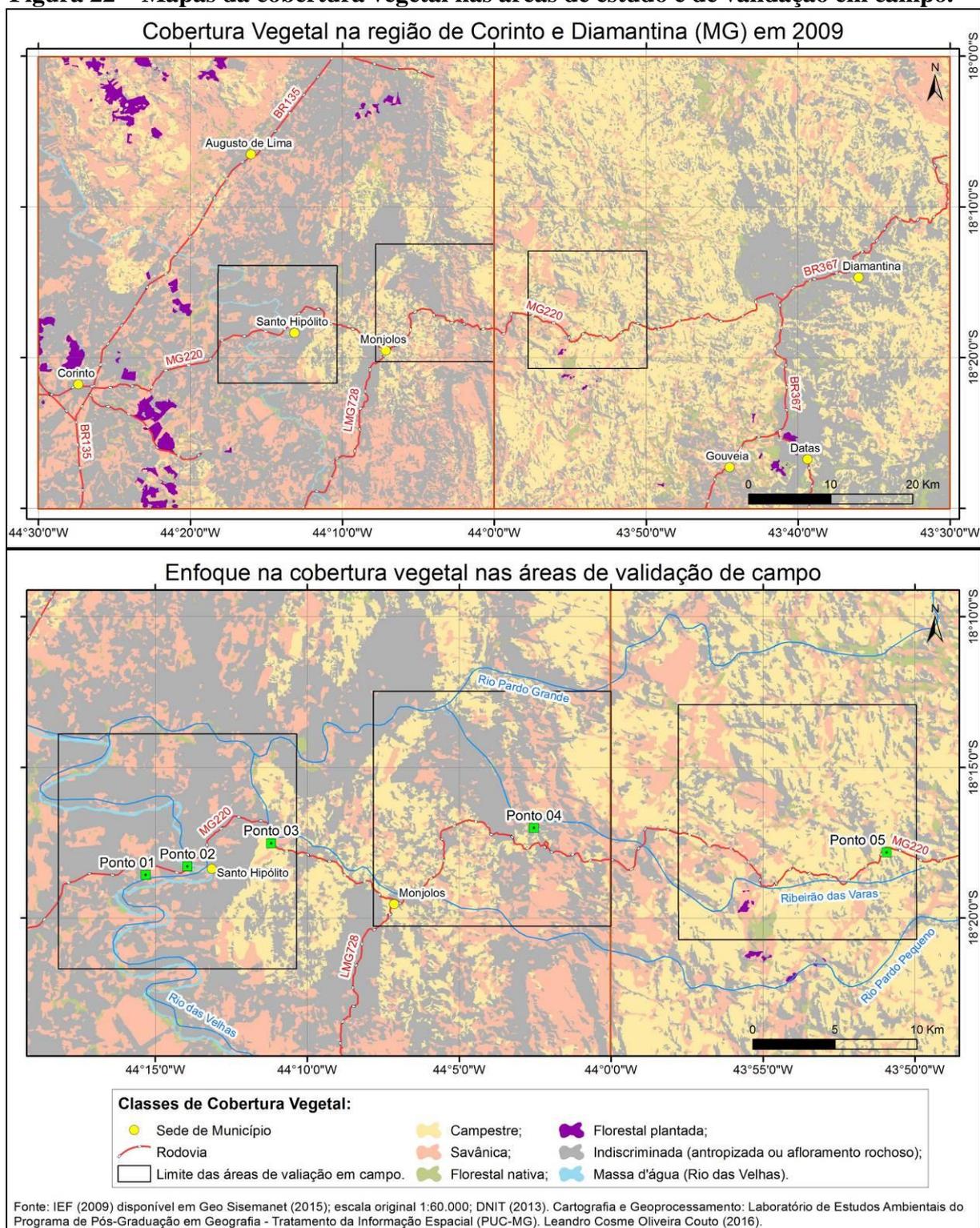
Fonte: Elaborado pelo autor.

Conforme Deliberação Normativa (DN) nº 20/1997, do Conselho Estadual de Política Ambiental (COPAM), que dispõe sobre o enquadramento das águas na bacia do Rio das Velhas, as águas da sub bacia do Rio Pardo Grande, das nascentes até a confluência com o Rio das Velhas, incluindo-se os Ribeirões Batatal e das Varas, os córregos do Açougue, Capão e Pindaíba e o Rio Pardo Pequeno, são enquadradas como Classe 1. Por definição legal prevista na Resolução do Conselho Nacional de Meio Ambiente (CONAMA) nº 357/2005, as águas enquadradas nesta classe servem ao abastecimento para consumo humano (após tratamento simplificado), à proteção das comunidades aquáticas, à recreação de contato primário e à irrigação de hortaliças e de frutas.

3.7. Cobertura Vegetal

Dada a posição geográfica da área de estudo, predominam fitofisionomias nativas típicas do Bioma Cerrado com ocorrências localizadas de fitofisionomias próprias do Bioma Mata Atlântica em trechos inseridos na Carta Topográfica de Diamantina (E). A figura 22 apresenta o mapa da cobertura vegetal na área de estudo.

Figura 22 – Mapas da cobertura vegetal nas áreas de estudo e de validação em campo. ²¹



A fim de compatibilizar o mapeamento da cobertura vegetal sobre o Estado de Minas Gerais na escala 1:65.000 (IEF, 2009), com os demais mapeamentos em escalas com menor

²¹ Figuras ampliadas e incluídas no Apêndice desta Dissertação.

detalhes, foi feito o agrupamento das diferentes fitofisionomias conforme o porte vegetal apresentado no quadro 10.

Quadro 10 – Correspondência entre fitofisionomias e porte vegetal.

Fitofisionomia	Porte vegetal
Campo e Campo Rupestre	Campestre
Campo Cerrado, Cerrado Sentido Restrito e Veredas	Savânico
Florestas Estacionais Decidual e Semidecidual	Florestal nativa
Florestas de Eucaliptos ou Pinus	Florestal plantada
Área antropizada ou afloramento rochoso	Indiscriminada

Fonte: Adaptado de Crepani et al (2001); Agência de Informação da Embrapa.

Disponível em:

<http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/Agencia16/AG01/arvore/AG01_23_911200585232.html>; Acesso em: 03/2016.

Em correlação ao relevo e aos aspectos climáticos, a cobertura vegetal savânica é predominante na parte da área de estudo inserida na Depressão Periférica do São Francisco, em clima tropical continental quente e sobre rochas sedimentares do Grupo Bambuí, na qual também ocorre antropização por atividades agropecuárias mapeadas como “indiscriminada” pelo IEF. Por sua vez, a cobertura vegetal campestre predomina na Serra do Espinhaço, em climas tropical continental subquente e mesotérmico brando sobre rochas metassedimentares do Supergrupo Espinhaço, a exemplo do retratado na figura 23.

Figura 23 – Cobertura vegetal campestres no Ponto de Controle 05.



Fonte: Elaborada pelo autor, 19/06/2015.

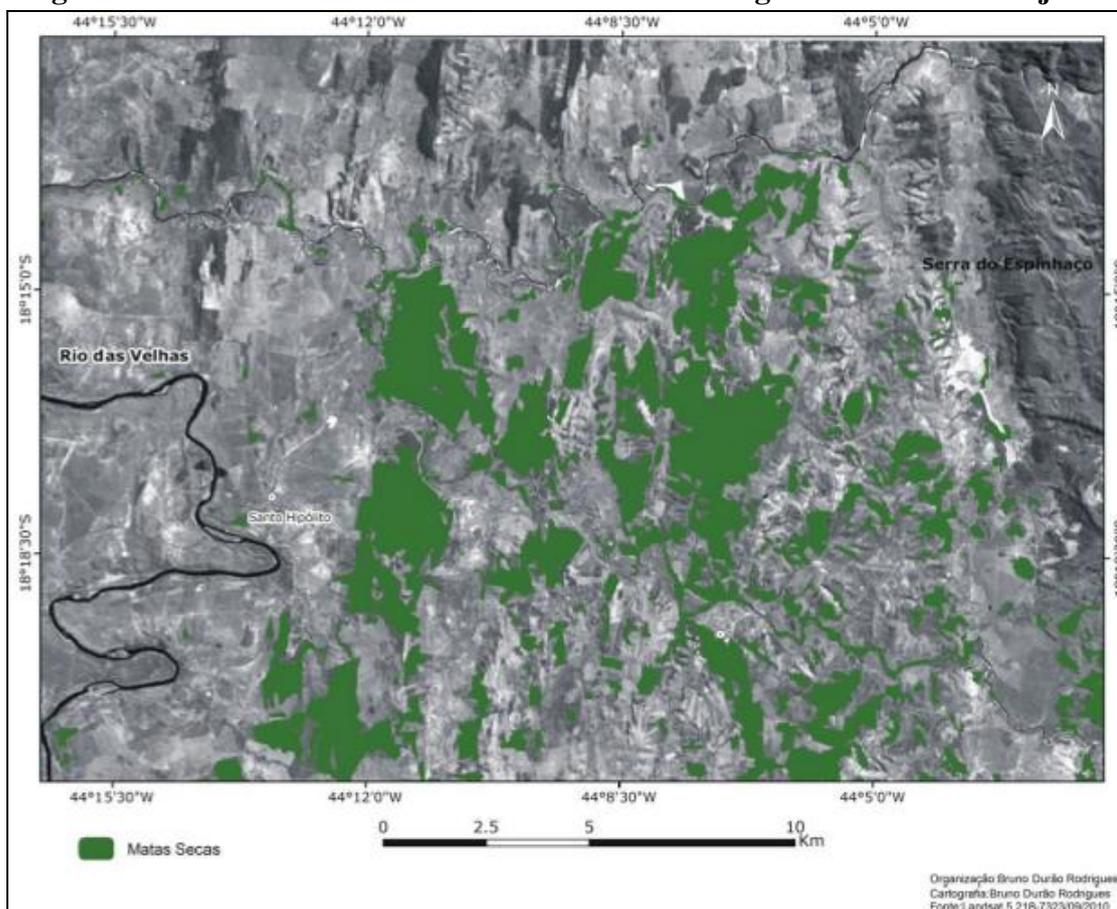
As áreas de validação das modelagens em campo Oeste, na planície do Rio das Velhas, e Leste, no planalto da Serra do Espinhaço, evocam estas correlações, bem como a área de validação Central, sobre o contato entre estes compartimentos geomorfológicos.

Porém, a ocorrência do carste na região de Monjolos, estendendo-se a oeste até Santo Hipólito, rompe esta correlação.

Conforme mapeamento do IEF no ano de 2009, tanto ocorrem coberturas vegetais campestres, quanto savânicas sobre o carste de Monjolos, além de áreas antropizadas. Todavia, Rodrigues (2011) executa o mapeamento de remanescentes de Mata Seca, observando a distribuição de fragmentos florestais sobre os calcários e margas da Formação Lagoa do Jacaré (Grupo Bambuí) em associação “a um possível controle estrutural desenvolvido no eixo NE-SW” (RODRIGUES, 2011, p. 99).

Em contraste a quase ausência plena de cobertura vegetal florestal nativa decidual sobre a região cárstica de Monjolos, no mapeamento de Minas Gerais feito pelo IEF (2009) por meio de Sensoriamento Remoto sem validação dos resultados em campo, Rodrigues (2011) e Rodrigues e Travassos (2013), conjugando técnicas de Sensoriamento Remoto e trabalhos de campo, identificam consideráveis áreas recobertas por remanescentes de Matas Secas, conforme figura 24.

Figura 24 – Remanescentes de matas Secas sobre a região cárstica de Monjolos.



Fonte: Rodrigues (2011) e Rodrigues e Travassos (2013).

A ocorrência de Matas Secas acentua a condição de destaque da região cárstica de Monjolos literalmente em meio à considerável diversidade de condições ambientais no contato entre Depressão Periférica do São Francisco e Serra do Espinhaço. Conforme Rodrigues (2011) e Rodrigues e Travassos (2013), a fitofisionomia das Matas Secas correspondem a Florestas Tropicais Secas litodependentes do substrato carbonático e condicionadas tanto por climas com alternância entre períodos úmidos e secos bem nítidos. Em consonância aos trabalhos destes autores, a aferição em campo da cobertura vegetal no Ponto de Controle 03, às margens da MG 220 e próximo à sede municipal de Santo Hipólito, identificou-se a ocorrência de cobertura vegetal florestal nativa (Mata Seca apresentada na figura 25) ao invés de savânica (mapeada pelo IEF). Não obstante as discrepâncias no mapeamento das Matas Secas, mapeadas como coberturas savânicas ou mesmo campestres, os dados produzidos pelo IEF (2009) se prestam à realização das modelagens geológicas propostas, uma vez que as fitofisionomias florestais são notabilizadas nos modelos de Crepani et al. (2001) e Jansen (2013) com valores mais restritivos que as fitofisionomias savânicas e campestres.

Figura 25 – Remanescentes de matas Secas sobre a região cárstica de Monjolos, próximos ao Ponto de Controle 03.



Fonte: Elaborada pelo autor, 19/06/2015.

4. ANÁLISES GEOECOLÓGICAS DA PAISAGEM DE CORINTO E DIAMANTINA

*“Ninguém é doído. Ou, então, todos.”
(J. Guimarães Rosa.)*

A taxonomia da paisagem conforme proposta por Bertrand (2004) distingue seis unidades (Zonas, Domínios, Região Natural, Geossistemas, Geofácies e Geótopos), dentre as quais o Geossistema, com abrangência espacial intermediária, destaca-se por possuir compatibilidade com a escala humana. A delimitação destas diferentes unidades taxonômicas advém da identificação de descontinuidades objetivas da paisagem, a exemplo da delimitação de diferentes domínios morfoclimáticos e fitogeográficos identificados por AB’SABER (2003) para o território brasileiro compatíveis, principalmente, com os aspectos climáticos e geomorfológicos.

A diversidade dos aspectos geológicos, geomorfológicos e climáticos na área de estudo permite que a paisagem da região de Corinto e Diamantina seja categorizada como pertencente ao Ecótono existente entre o Cerrado, com chapadões tropicais penetrados por florestas de galeria localizados na zona central do Brasil, e os Mares de Morros florestados, que se estendem de maneira azonal de norte a sul do país. Assim, a própria paisagem da área de estudo, que resulta da combinação direta entre os componentes ambientais das áreas nucleares destes domínios, exemplifica uma descontinuidade objetiva da paisagem dos domínios morfoclimáticos e fitogeográficos brasileiros.

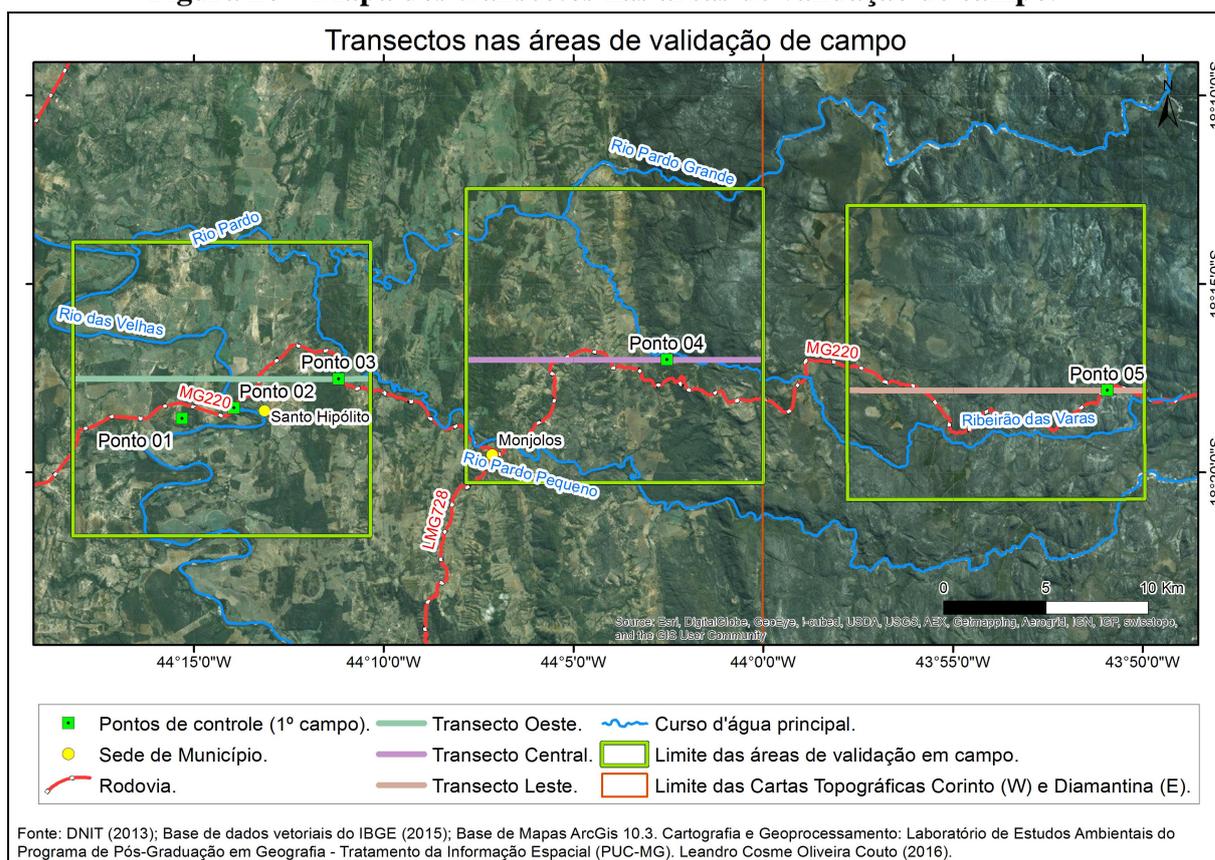
Em sua porção oeste, em trecho abarcado pela Carta Topográfica de Corinto, apresenta características mais próximas ao do domínio do Cerrado, com condições climáticas próprias do regime tropical continental quente com dois períodos pluviométricos distintos e com predominância de cobertura vegetal savânica. Ocorrem enclaves de cobertura vegetal florestal decidual, controlados pela litologia e que se diferenciam significativamente na paisagem regional.

Em sua porção leste, em trecho abarcado pela Carta Topográfica de Diamantina, apresenta cobertura vegetal campestre. A presença das elevações altimétricas da Serra do Espinhaço se conjuga a condições climáticas mais amenas (tropical continental subquente e mesotérmico brando), predominando cobertura vegetal campestre com alguns enclaves savânicos. A orografia condiciona a ocorrência azonal de variações nos aspectos climáticos, bem como atua no controle azonal da ocorrência da vegetação. A leste da Carta Topográfica de Diamantina, fora da área de estudo, ocorre cobertura vegetal florestal.

Nesse cenário, não obstante a área de estudo estar localizada no ecótono entre os chapadões de Cerrado e os mares de morros florestados, ocorre predominância dos aspectos do domínio dos chapadões de Cerrado. Gontijo (2008) afirma que a Serra do Espinhaço Meridional divide os Biomas do Cerrado e da Mata Atlântica, de modo que a oeste da Serra ocorre predominância de feições savânicas e somente a partir da face leste da Serra ocorrem fitofisionomias do bioma Mata Atlântica.

A visualização da predominância do domínio do Cerrado a oeste da Serra do Espinhaço é identificada através da realização de transectos de oeste para leste em cada uma das três áreas de validação dos modelos em campo (Oeste, Central e Leste), mapeados conforme figura 26. Estes transectos correspondem a perfis geossistêmicos, capazes de identificar na paisagem da área de estudo, os possíveis geossistemas existentes.

Figura 26 – Mapa dos transectos nas áreas de validação de campo.²²



Fonte: Elaborada pelo autor.

²² Figura ampliada e incluída no Apêndice desta Dissertação.

4.1. Geossistemas

O reconhecimento de possíveis geossistemas se dá ao considera-los porções da paisagem com relativa continuidade ecológica, porém sem necessariamente grande homogeneidade fisionômica, cuja transição para outros geossistemas ocorre através de descontinuidade ecológica (BERTRAND, 2004). Deste modo, o geossistema corresponde à extensão espacial sob uma mesma atuação integrada do clima e da litologia com variações tanto nestes aspectos quanto nas formas de relevo, nas coberturas pedológica e vegetal, bem como na atividade antrópica. O contato espacial entre diferentes geossistemas ocorre através da mudança do aspecto da litologia, não obstante existirem variações nos demais aspectos ambientais em um mesmo geossistema.

Perfis geossistêmicos, análogos aos propostos por Monteiro (2001) e apresentados por Jansen (2013), permitem visualizar a distribuição horizontal dos diferentes aspectos ambientais na paisagem, bem como a sobreposição vertical destes aspectos (como diferentes camadas da paisagem). Para tal, os dados considerados são os fornecidos pelos órgãos oficiais (exceto cobertura vegetal) e permitem visualizar as continuidades e descontinuidades da paisagem em dimensão geossistêmica, ainda que a partir das áreas de validação de campo como amostras espaciais.

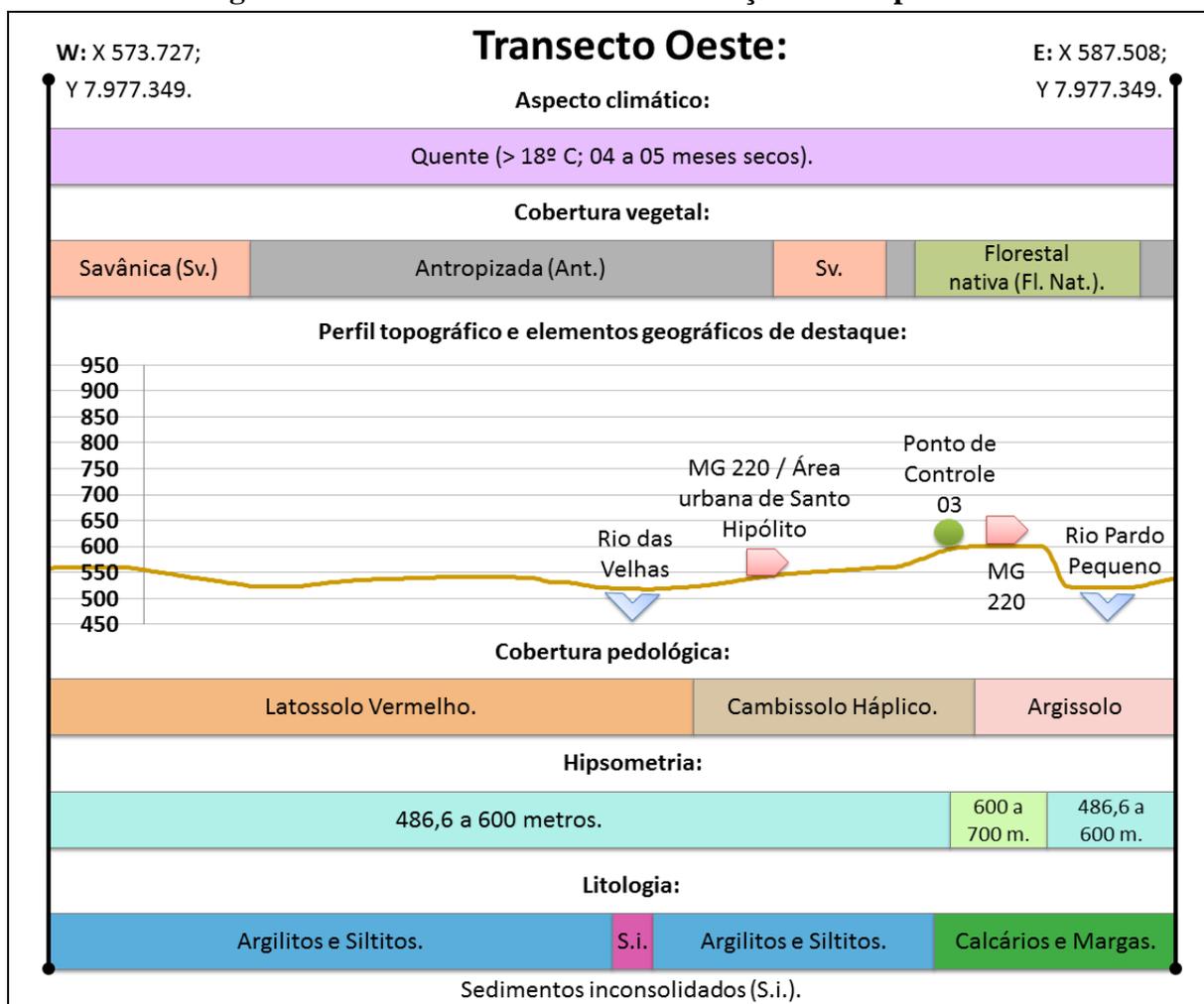
Especificamente para melhor aferição da cobertura vegetal, ao invés dos dados produzidos pelo IEF e referentes ao ano de 2009, os transectos foram sobrepostos às imagens de satélite mais recentes da área de estudo, datadas de 2014. Além da imagem gerada pelo *Landsat 8*, foram utilizadas as imagens disponibilizadas gratuitamente pelo *software* livre *Google Earth* e pela base de mapas do próprio *software* comercial ArcGIS 10.2, criado e atualizado pela empresa *Environmental Systems Research Institute* (ESRI)²³. A classificação da cobertura vegetal ao longo dos transectos foi feita através de interpretação visual das 03 imagens aliada às informações apresentadas por Rodrigues (2011) e Guimarães (2012) e às observações registradas no trabalho de campo inicial.

Cada transecto é tangenciado por elementos geográficos de destaque na paisagem: Rio das Velhas, Rio Pardo Pequeno, Ribeirão das Varas, córregos, duas ou mais vezes pela rodovia MG 220, área urbana de Santo Hipólito, além dos Pontos de Controle 03, 04 e 05 de

²³ Este caso caracteriza a condição de os produtos cartográficos gerados pelos órgãos e/ou institutos oficiais estaduais, necessários ao estudo e monitoramento da dinâmica da cobertura vegetal e sobre uso e ocupação do solo, estarem defasados em relação aos produtos cartográficos gerados por empresas privadas, por vezes disponibilizadas gratuitamente.

registro de campo. As figuras 27, 28 e 29 apresentam respectivamente os transectos nas áreas de validação de campo Oeste, Central e Leste.

Figura 27 – Transecto na área de validação de campo Oeste.



Fonte: Elaborada pelo autor.

O Transecto Oeste se desenvolve inteiramente sobre rochas do Grupo Bambuí e sob a condição climática tropical continental quente. Porém, distinções litológicas resultaram em diferenças nos aspectos geomorfológicos, bem como nas coberturas pedológica e vegetal, ao longo de dois possíveis geossistemas aqui designados *Planície do Rio das Velhas* e *Carste de Monjolos*. Ambos possuem o mesmo aspecto climático, porém se diferenciam entre si notadamente a partir do aspecto litológico.

O geossistema da *Planície do Rio das Velhas* tem este rio como nível de base local e se estende predominantemente sobre argilitos e siltitos, com ocorrências de conglomerados e metargilitos e metassiltitos, em terrenos de rugosidade topográfica majoritariamente baixa (declividade plana ou suave ondulada), de altitudes inferiores a 700 metros e recobertos por

solos predominantemente envelhecidos (latossolos) com ocorrências menores de solos rejuvenescidos (cambissolos). Em meio à paisagem típica de planície ocorrem eventuais morros testemunho, com rugosidade topográfica alta a muito em altitudes acima de 800 metros. A condição climática tropical continental quente, com períodos úmidos e secos, reflete a ocorrência da cobertura vegetal savânica, com diferentes fitofisionomias do Bioma Cerrado, por vezes substituídas pela antropização por causa das atividades agropecuárias.

Dada a localização na hierarquia hidrográfica, o Rio das Velhas também é o nível de base regional, de maneira que geossistema da *Planície do Rio das Velhas* aglutina carga de sedimentos físicos e químicos decorrentes de outros geossistemas e transportados pelos cursos d'água. Este aporte de sedimentos se converte em condições favoráveis à ocorrência das atividades agrícolas.

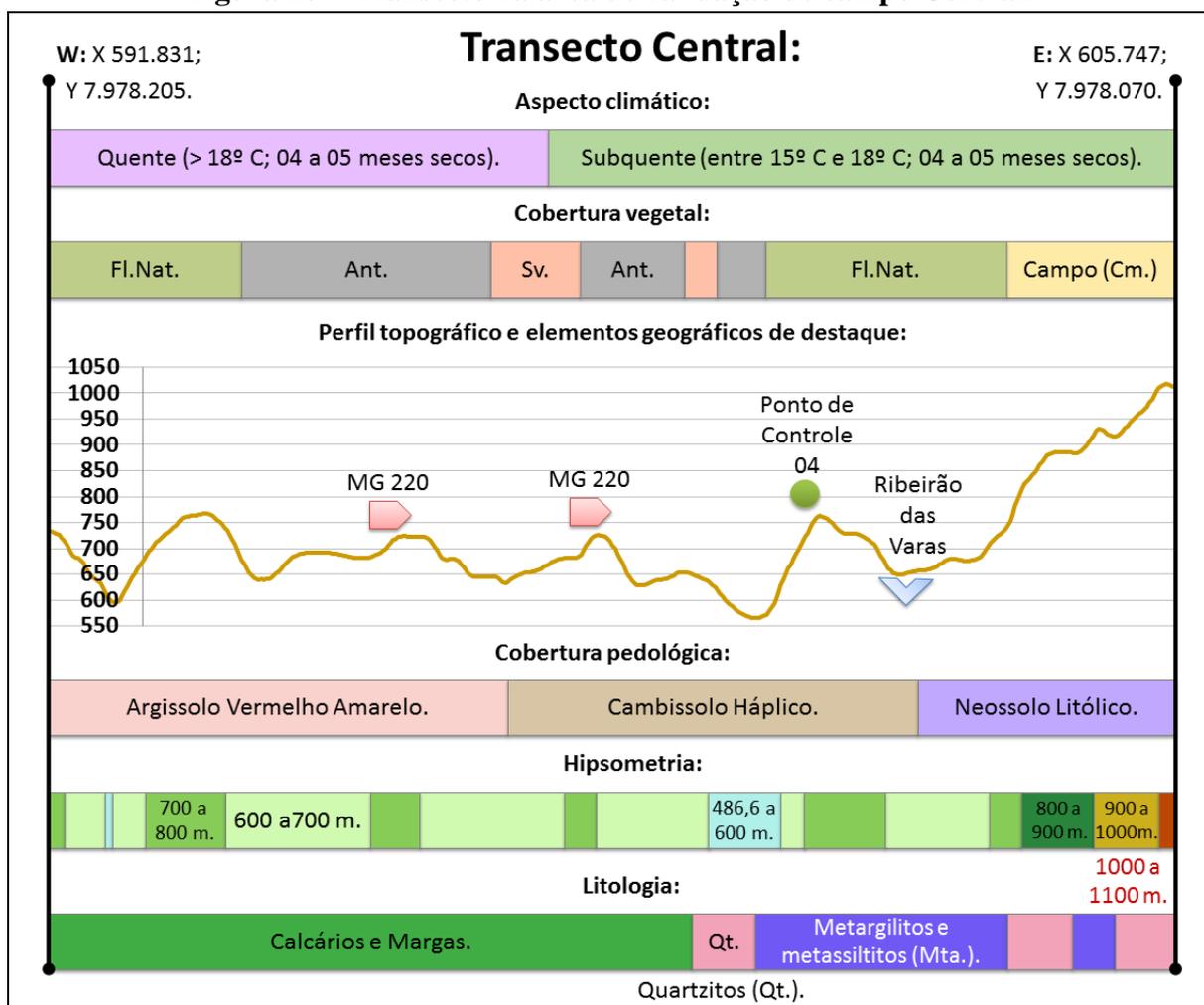
Por meio do Rio Pardo Grande e Rio Pardo Pequeno, bem como cursos d'água e dos respectivos tributários com destaque para Ribeirão das Varas, os geossistemas do *Carste de Monjolos* e da *Planície do Rio das Velhas* recebem carga de sedimentos vindos de montante.

O *Carste de Monjolos* se estende sobre calcários e margas do Grupo Bambuí em terrenos de rugosidade topográfica variável entre muito baixa e muito alta. Desta rugosidade resultam amplitude altimétrica de 500 a 800 metros, com declividade ondulada e forte ondulada encravada por declividade plana ou suave ondulada e recobertos por solos rejuvenescidos (principalmente argissolos, mas também cambissolos). A alternância anual entre períodos úmidos e secos, própria do clima tropical continental, conjugada a temperaturas quentes, é refletida pela predominância da ocorrência de Floresta Estacional Decidual (Mata Seca), além da ocorrência de cobertura vegetal savânica e de atividade antrópica agropecuária.

O *Carste de Monjolos* também é identificado no Transecto Central que, além das rochas sedimentares do Grupo Bambuí, apresenta litologia metassedimentar do Supergrupo Espinhaço e permite a identificação tanto do contato entre estas duas unidades litológicas quanto do geossistema do *Carste de Monjolos* com outro geossistema, aqui designado por *Serra do Espinhaço Meridional*. Nas bordas do geossistema do *Carste de Monjolos* ocorre cobertura pedológica rejuvenescida (cambissolos), própria de ambientes com algum grau de instabilidade física.

Junto ao Transecto Central, o Transecto Leste também apresenta o geossistema da *Serra do Espinhaço Meridional*, com ambos permitindo o reconhecimento de 02 geofácies distintos neste geossistema e que foram aqui designados *Face Oeste* e *Interflúvio*.

Figura 28 – Transecto na área de validação de campo Central.



Fonte: Elaborada pelo autor.

A geofácies da *Serra do Espinhaço Meridional – Face Oeste* possui aspectos climático e litológico diferentes dos geossistemas *Planície do Rio das Velhas* e o *Carste de Monjolos*. Está sob clima tropical continental subquente e se estende sobre metargilitos e metassiltitos intercalados por quartzitos, pertencentes ao Supergrupo Espinhaço. Este geossistema possui a maior amplitude altimétrica da área de estudo, com terrenos de rugosidade topográfica muito baixa e baixa, abruptamente próximos a terrenos com rugosidade alta e muito alta (declividade plana ou suave ondulada encravada por declividade montanhosa e escarpada). Nos terrenos de rugosidade topográfica alta ou muito alta ocorrem afloramentos rochosos ou cobertura pedológica de solos jovens (neossolos litólicos) e solos rejuvenescidos (cambissolos). Nos terrenos de demais classes de rugosidade topográfica ocorrem latossolos e neossolos quartzarênicos.

O aspecto climático tropical continental subquente, conjugado à altitude, reflete-se na predominância de ocorrência de cobertura vegetal campestre através da fitofisionomia de

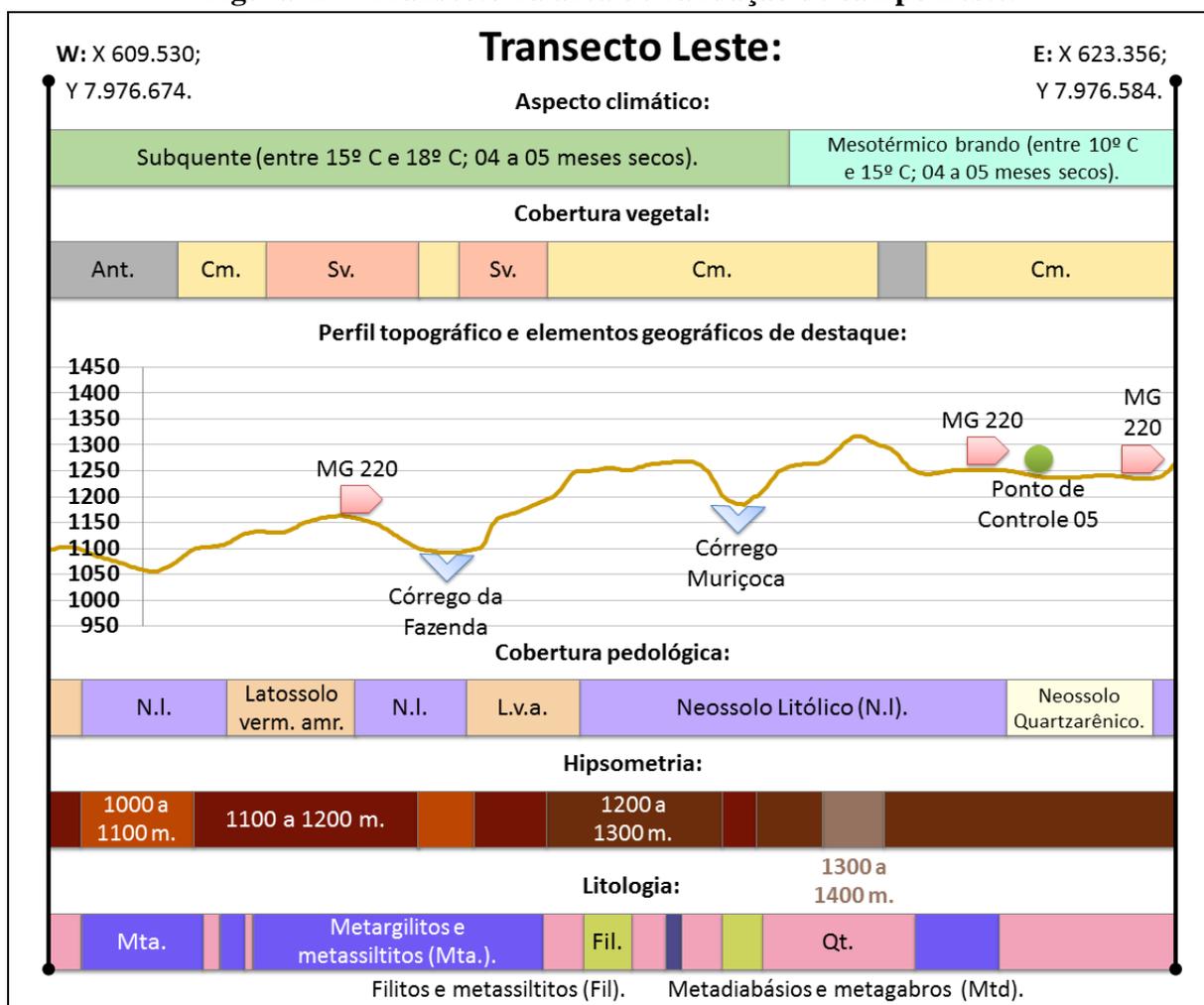
Campo Limpo, Campo Sujo e, principalmente, Campo Rupestre. Todavia, observa-se ocorrências de cobertura vegetal savânica e de (pouca) atividade antrópica agropecuária. Associada a cursos d'água perenes ocorre cobertura vegetal florestal manifestada nas fitofisionomias Cerradão e Floresta Estacional Semidecidual.

A geofácies da *Serra do Espinhaço Meridional – Face Oeste* é perpassado pelos cursos d'água que fluem predominantemente de leste para oeste (Rio Pardo Grande, Rio Pardo Pequeno, bem como respectivos tributários com destaque para o Ribeirão das Varas). No entanto, diferentemente da *Planície do Rio das Velhas* e do *Carste de Monjolos*, a localização e as condições topográficas do terreno fazem com que este geossistema atue como fornecedor de sedimentos físicos e químicos. A orogenia deste conjunto litológico resultou em considerável amplitude altimétrica que varia entre cotas pouco inferiores a 600 metros, em trechos mais jusantes nos vales dos principais cursos d'água, e cotas que superam 1.300 metros, em trechos do alto-médio vale destes cursos, concentrando entre tais cotas.

Variações no aspecto climático e na litologia registradas no Transecto Leste, que inteiramente se sobrepõe às rochas metassedimentares do Supergrupo Espinhaço, identificam o contato entre as geofácies *Face Oeste* e *Serra do Espinhaço Meridional – Interflúvio*, localizado nas altitudes mais elevadas. Trata-se de geossistema sob clima tropical continental mesotérmico brando e que se estende majoritariamente sobre quartzitos, diques de metadiabásios e metagabros. Ao sul e a leste do Transecto Leste há ocorrências concentradas de granitos e quartzo xisto. Ocupa terrenos localizados a partir da cota altimétrica 1.100 m e que superam 1.500 m, correspondendo ao divisor topográfico de águas das bacias dos Rio Jequitinhonha, a leste, e Rio São Francisco, a oeste. Neste geossistema estão localizadas as nascentes dos principais cursos d'água da região (Rio Pardo Grande, Rio Pardo Pequeno, Ribeirão das Varas) e de muitos tributários.

O relevo é movimentado, abarcando terrenos com diferentes declividades. Na porção central deste geossistema ocorre o predomínio dos índices de rugosidade topográfica baixo e muito baixo, associados à declividade plana ou suave ondulada a ondulada. Nas bordas predominam as demais classes de rugosidade topográfica associadas à declividade forte ondulada, montanhosa e escarpada. Nada obstante, há ocorrências de trechos com rugosidade topográfica elevada em meio a terrenos com pouca rugosidade e vice-versa.

Figura 29 – Transecto na área de validação de campo Leste.



Fonte: Elaborada pelo autor.

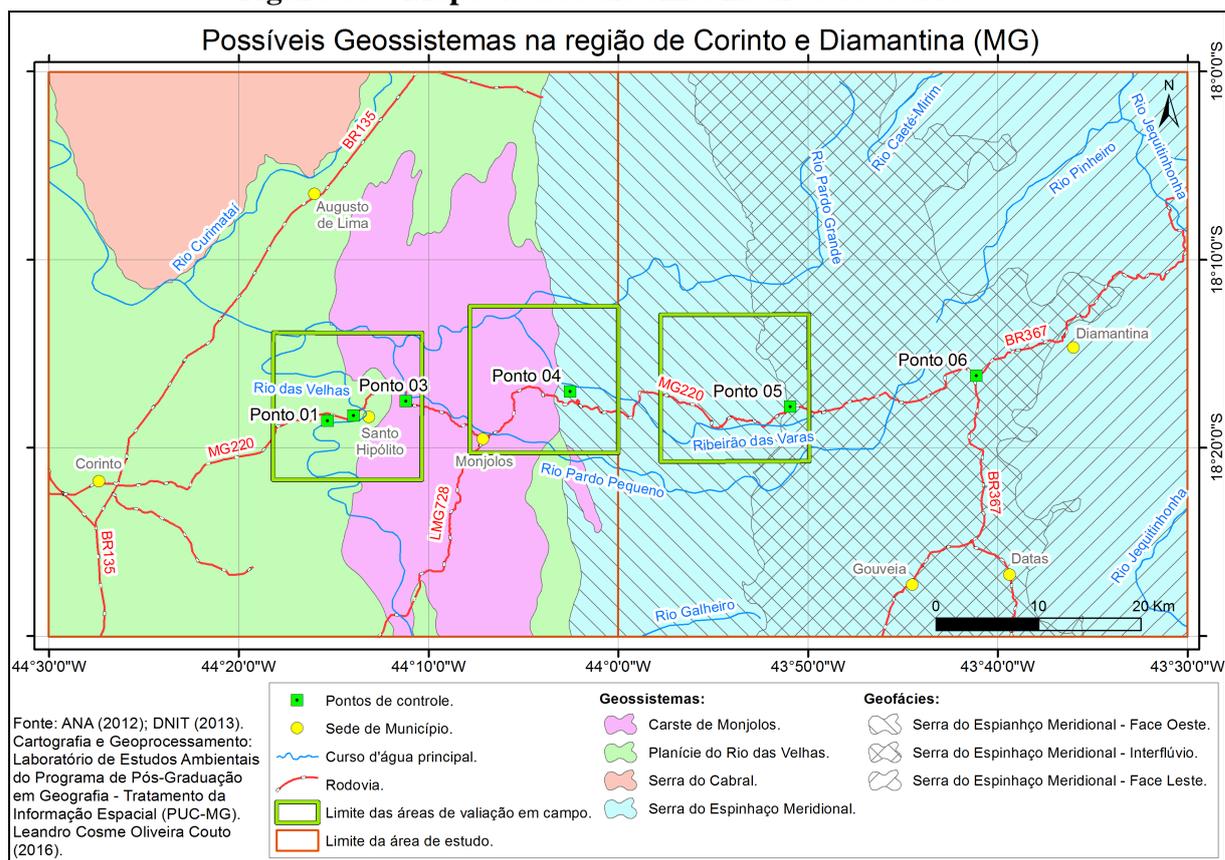
Observa-se grande ocorrência de afloramentos rochosos intercalados a solos jovens, com neossolos litólicos em terrenos movimentados e neossolos quartzarênicos em trechos pouco movimentados. Conforme aferido em campo, espodossolos também ocorrem em trechos pouco movimentados. A cobertura vegetal campestre é predominante identificando-se as fitofisionomias Campo Rupestre e Sujo. Pouca antropização foi observada.

Dada a localização da área de estudo no Ecótono entre os domínios morfoclimáticos e fitogeográficos do Cerrado (a oeste) e dos Mares de Morros (a leste) a *Planície do Rio das Velhas* e o *Carste de Monjolos* correspondem a paisagens integrantes do Domínio do Cerrado, enquanto a *Serra do Espinhaço Meridional – Face Oeste* e o *Serra do Espinhaço Meridional – Interflúvio* correspondem a paisagens diferenciadas, próprias do Ecótono, porém, com influência deste Domínio no caso da *Face Oeste*.

O mapa dos possíveis geossistemas na área de estudo é apresentado na figura 30, cuja extensão foi inferida por extrapolação dos perfis geossistêmicos identificados nos três

transectos e a identificação dos possíveis limites feita por aferição de mudanças na litologia. A mudança do geossistema da *Planície do Rio das Velhas* para o *Carste de Monjolos*, bem como deste para a *Serra do Espinhaço Meridional*, não se dá de maneira abrupta, nem simultaneamente para todos os aspectos ambientais.

Figura 30 – Mapa de Geossistemas na área de estudo.²⁴



Fonte: Elaborada pelo autor.

Além dos três possíveis geossistemas (sendo um subdividido em dois geofácies), o enfoque geossistêmico na área de estudo realizado em gabinete identificou, também, outro possível geossistema e outra geofácies. Estes se denominam geossistema *Serra do Cabral*, na parte noroeste e possivelmente próprio do Domínio do Cerrado, e geofácies *Serra do Espinhaço Meridional – Face Leste*, na parte leste e possivelmente influenciada pelo Domínio dos Mares de Morros. A identificação do limite do possível geossistema da *Serra do Cabral* foi inferida pelo contato litológico, enquanto a identificação do limite da possível geofácies *Face Leste* foi inferida pela mudança na rugosidade topográfica.

Empreendida a taxonomia da paisagem na região de Corinto e Diamantina por meio destes possíveis geossistemas e respectivas geofácies, a aplicação das modelagens

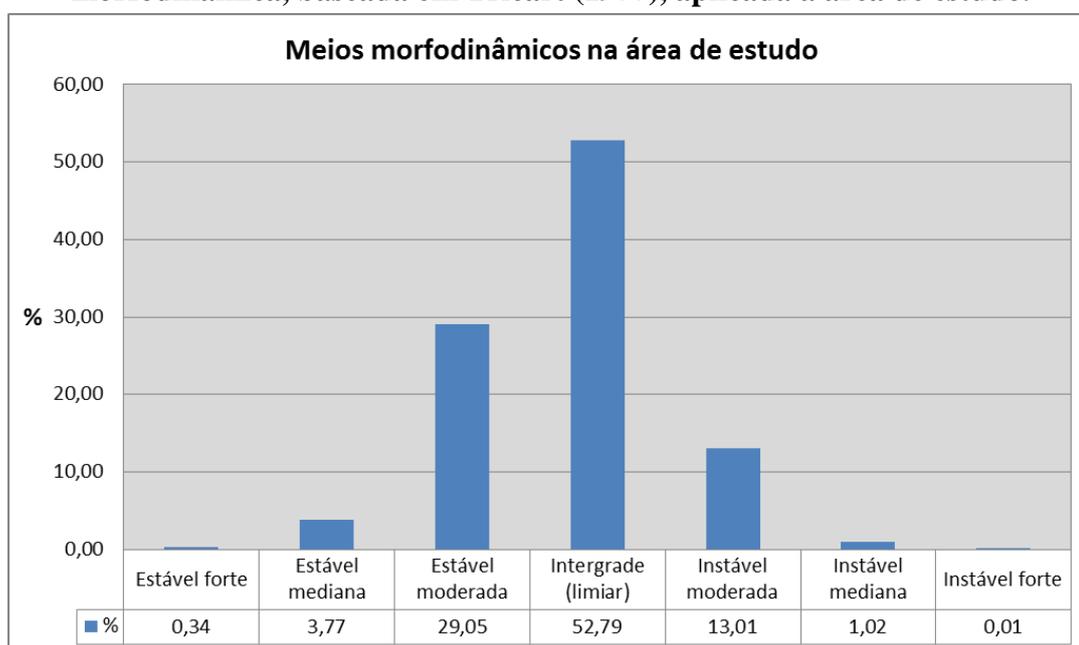
²⁴ Figura ampliada e incluída no Apêndice desta Dissertação.

geoecológicas com base em Tricart (1977), Crepani et al. (2001) e Jansen (2013) permite, respectivamente, a aferição da morfodinâmica, da vulnerabilidade natural à perda de solo e das vulnerabilidades natural e ambiental em cada uma destas unidades geológicas da paisagem.

4.2. Meios Morfodinâmicos

A aferição dos meios morfodinâmicos na região de Corinto e Diamantina, através da gradação de valores do contínuo morfodinâmico para fins de modelagem geoecológica da paisagem, identificou a ocorrência de todas as sete classes possíveis. O gráfico 01 apresenta a contagem percentual dos pixels, que indica maior ocorrência de meio *intergrade*, seguida respectivamente do nível moderado para estabilidade e para instabilidade. Também ocorrem estabilidade e instabilidade no nível mediano e, em quantidade ínfima, no nível forte.

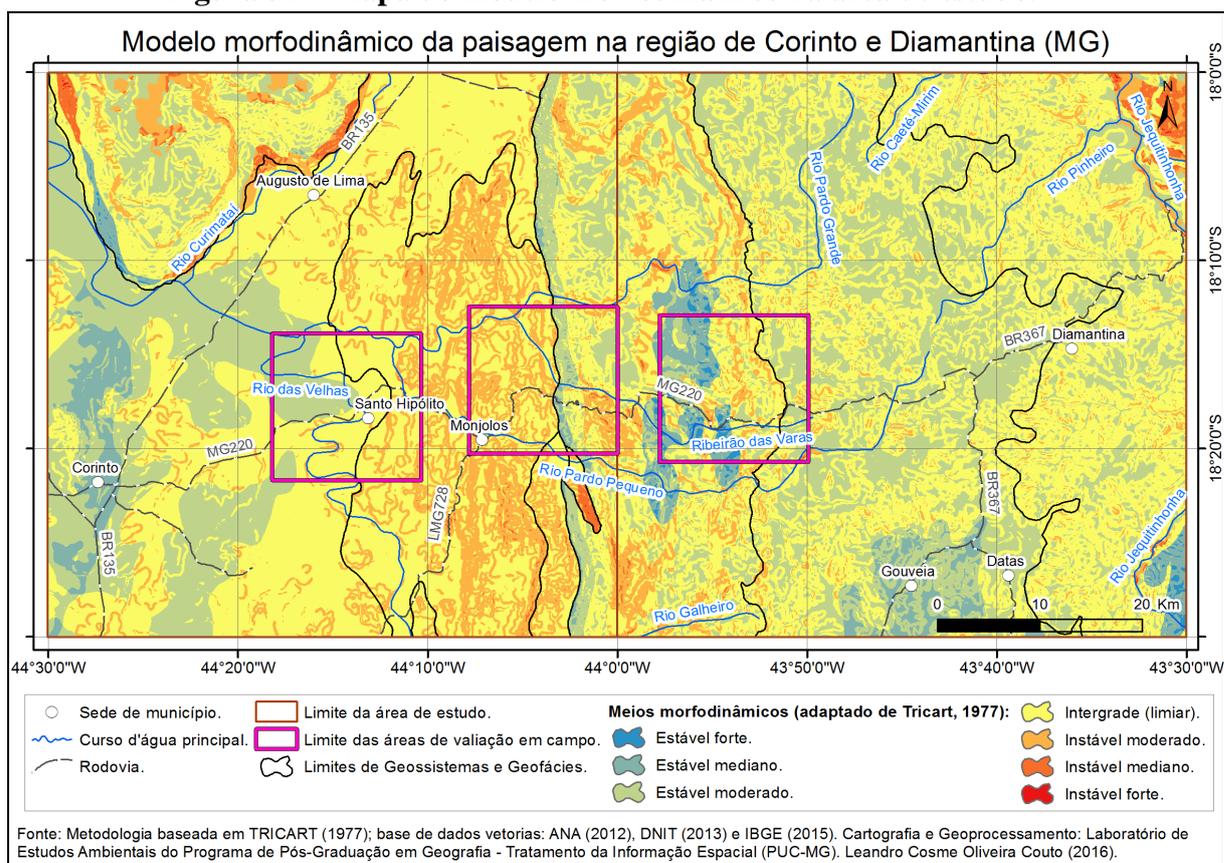
Gráfico 01 – Distribuição percentual dos pixels em cada classe da modelagem morfodinâmica, baseada em Tricart (1977), aplicada à área de estudo.



Fonte: Elaborado pelo autor.

Porém, assim como há diferenças de quantidades entre as classes morfodinâmicas, também há diferenças na localização, demonstrando uma distribuição espacial variada. A figura 31 apresenta o mapa do modelo morfodinâmico sobreposto pelos limites dos possíveis geossistemas.

Figura 31 – Mapa do modelo morfodinâmico na área de estudo. ²⁵



Fonte: Elaborada pelo autor.

Todos os possíveis geossistemas identificados na área de estudo apresentam trechos em meio *intergrade*, limiar entre a estabilidade e a instabilidade no nível moderado. De acordo com as análises de Tricart (1977), nesse meio há concorrência permanente entre pedogênese e morfogênese, que exercem interferência recíproca. Solos e formas de relevo são de idade relativamente intermediária, compondo paisagens que, quando sem cobertura vegetal, são facilmente susceptíveis à compactação do solo pelo pisoteio de gado. A conservação ambiental demanda a presença da cobertura vegetal para inibir escorregamentos e ravinamentos, tanto que a manutenção da cobertura vegetal de porte herbáceo é condição mínima adequada ao uso agropastoril, desde que simultâneo ao manejo hidráulico do escoamento para se evitar erosões.

Todavia, a identificação de possíveis geossistemas na área de estudo permite localizar alguns padrões na distribuição espacial (em zonas ou em mosaicos) dos meios morfodinâmicos. O quadro 11 apresenta a indicação do padrão de distribuição espacial e do meio morfodinâmico predominante em cada geossistema na área de estudo.

²⁵ Figura ampliada e incluída no Apêndice desta Dissertação.

Quadro 11 – Distribuição espacial e meio morfodinâmico predominante nos geossistemas da área de estudo.

Geossistema	Geofácies	Distribuição espacial	Meio morfodinâmico predominante
Planície do Rio das Velhas	-	Zonal	<i>Intergrade</i> e estável moderado
Carste de Monjolo	-	Mosaico	Instável moderado
Serra do Espinhaço Meridional	Face Oeste	Mosaico	Eclética, predomínio <i>intergrade</i> ; possível instável
	Interflúvio	Mosaico	Estável moderado
	Face Leste	Mosaico	<i>Intergrade</i>
Serra do Cabral	-	Mosaico	Eclética, predomínio <i>intergrade</i> ; possível instável

Fonte: Elaborado pelo autor.

Sobre rochas sedimentares do Grupo Bambuí, a *Planície do Rio das Velhas* é estável, abarcando trechos em condições *intergrade* e estáveis nos níveis moderado e mediano. Já o *Carste de Monjolos* é instável, abarcando trechos nos níveis moderado, mediano e forte, além de trechos *intergrade*.

Em consonância à análise de Tricart (1977), a estabilidade morfodinâmica da *Planície do Rio das Velhas* está associada à existência de solos e formas de relevo envelhecidas (antigos). Ao uso agropastoril é necessário o estudo específico do solo in loco para identificação de melhoramentos e adubações. A conservação ambiental satisfatória demanda manutenção da cobertura vegetal savânica em densidade de clímax.

A instabilidade morfodinâmica do *Carste de Monjolos* está associada à considerável predominância da morfogênese sobre a pedogênese, com influência decisiva das condições litológicas. O relevo é acidentado, com formas dissecadas e vales entulhados, e os solos são recentes ou ao menos rejuvenescidos. Além do exocarste se mostrar bastante ativo, o endocarste também se apresenta ativo, visto esta litologia demonstra potencial espeleológico muito alto. Trata-se de um meio com risco de degradação ambiental irreversível, o que torna os usos agropastoris questionáveis. No mínimo, a conservação ambiental demanda não apenas a manutenção da cobertura vegetal, mas também, ações manejo hidráulico do escoamento superficial. O *Cartes de Monjolos* apresenta a morfodinâmica mais instável da área de estudo, ainda que em nível moderado.

Sobre rochas metassedimentares do Supergrupo Espinhaço, o possível geossistema da *Serra do Espinhaço Meridional* apresenta variações morfodinâmicas em suas geofácies. A *Face Oeste* é a geofácies com morfodinâmica mais complexa, caracterizada por um mosaico de trechos *intergrades*, estáveis e instáveis em nível moderado. Ocorrências pontuais de trecho com instabilidade mediana e ocorrências de trechos mais expressivos com estabilidade

mediana e forte são observados. O *Interflúvio* da Serra do Espinhaço é estável, abarcando a predominância do meio morfodinâmico estável moderado, com ocorrências em nível mediano, e do meio *intergrade*, encravado por ocorrências pontuais instáveis moderadas. A *Face Leste* apresenta predomínio do meio *intergrade* com ocorrências pontuais dos meios estável e instável em nível moderado. Especificamente na no fundo de vale do Rio Jequitinhonha ocorrem trechos expressivos de estabilidade, a montante, e instabilidade, a jusante, em níveis mediano e forte.

Na modelagem da *Face Oeste* a influência da litologia nos meios morfodinâmicos instáveis é nítida, ocorrendo meios instáveis em níveis moderado e mediano sobre metarligilitos, metassiltios e filitos, bem como meios *intergrade* e estável moderado sobre quartzitos. Todavia, trechos com declividade montanhosa ou escarpada foram modelados como instáveis no nível moderado, ou mesmo como estáveis moderados, ao invés de instáveis no nível forte. Isso ocorreu, respectivamente, em razão do tipo de litologia e da conjugação deste com o tipo de cobertura pedológica (latossolos).

Ante o mosaico morfodinâmico, a elevada amplitude altimétrica em reduzida distância espacial sugere a condição de meio instável nos diferentes níveis (moderado, mediano e forte) na *Face Oeste*. Aí os usos agropastoris são inibidos e a conservação ambiental é necessária para garantir proteção de terrenos e cursos d'água situados à jusante. A *Serra do Cabral* possui complexidade morfodinâmica semelhante a geofácies *Face Oeste*, porém, com contatos diretos mais abruptos entre trechos estáveis e instáveis em níveis moderado e mediano.

O meio morfodinâmico predominante na geofácies *Serra do Espinhaço Meridional – Interflúvio* é o estável moderado, que ocorre em razão das declividades plana e suave ondulada sobre afloramentos rochosos de quartzitos ou neossolos litólicos. A estabilidade em nível mediano ocorre em trechos localizados quando associada a solos rejuvenescidos. Meios *intergrades* ocorrem pontualmente e resultam da declividade ondulada e forte ondulada sobre afloramentos rochosos de quartzitos ou neossolos litólicos.

Em condição inversa ao *Interflúvio*, o meio morfodinâmico com ocorrência majoritária na geofácies *Face Leste* é o *intergrade*, que se dá em razão das declividades ondulada e forte ondulada sobre afloramentos rochosos de quartzitos ou neossolos litólicos ou quartzarênicos. Nesta geofácies a litologia e a cobertura pedológica se distribuem uniformemente, ocorrendo variações apenas na declividade, condicionando a ocorrência de enclaves de meios estáveis moderados (em caso de declividade plana ou suave ondulada), bem como ocorrências pontuais de meios instáveis moderados em declividade montanhosa ou escarpada. Todavia, já

na margem direita do Rio Jequitinhonha variações na litologia (metadiamicritos) e na cobertura pedológica (latossolos) resultam, respectivamente, em ocorrências de meios instáveis e estáveis, ambos em níveis mediano e forte.

Tomando-se o conjunto integrado de geofácies do geossistema *Serra do Espinhaço Meridional*, o *Interflúvio* se apresenta com morfodinâmica estável moderada, não obstante a localização em cotas altimétricas elevadas e está sujeito aos avanços remontantes da morfodinâmica das *Faces Oeste e Leste*. Todavia, há diferenças nas morfodinâmicas da *Face Oeste*, mais complexa e aparentemente mais agressiva ao *Interflúvio*, e da *Face Leste*, *intergrade* e menos agressiva ao *Interflúvio*.

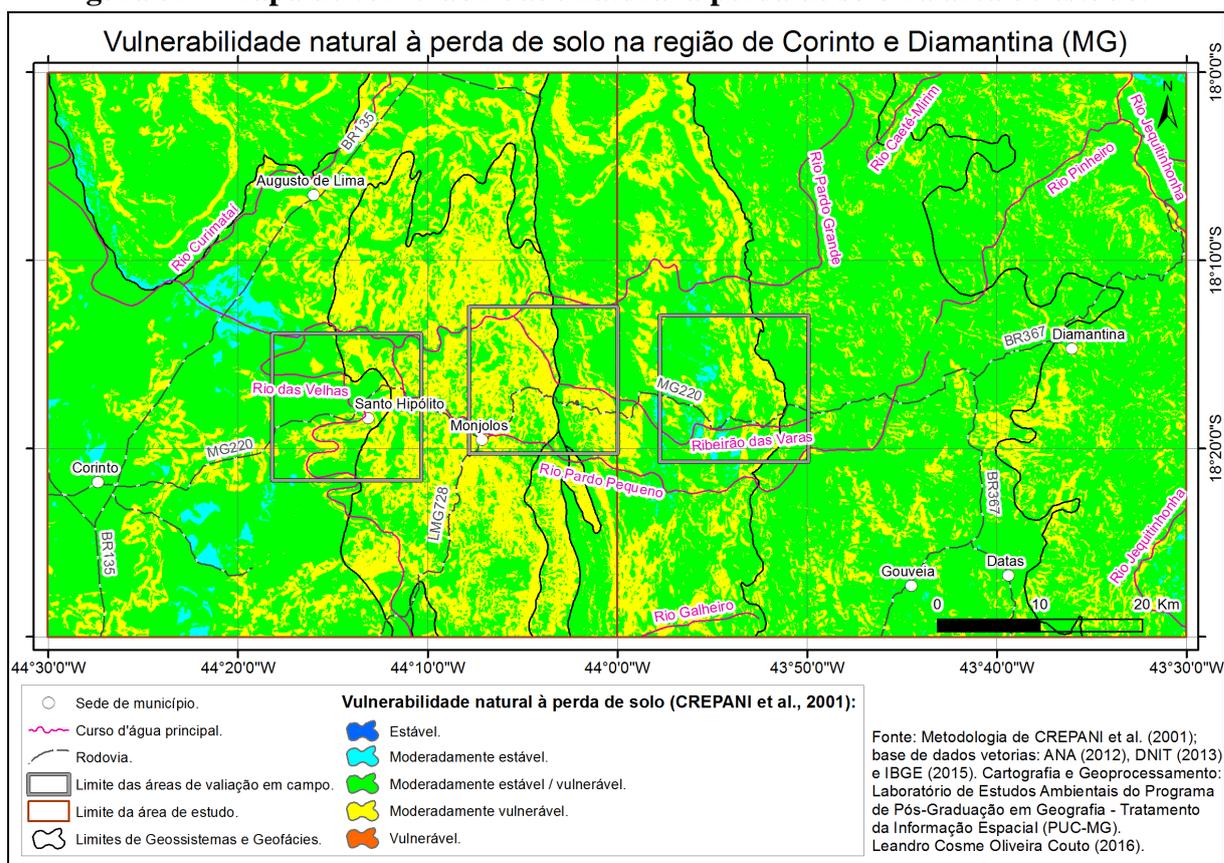
Nesse cenário, a álgebra de mapas com as 03 variáveis mostrou resultados modelados mais homogêneos para os geossistemas *Planície do Rio das Velhas* e *Carste de Monjolos*, aliado as geofácies *Interflúvio* e *Face Leste* do geossistema *Serra do Espinhaço Meridional*, do que para as geofácies *Serra do Espinhaço Meridional – Face Oeste* e geossistema *Serra do Cabral*. As indicações dos meios morfodinâmicos predominantes em cada geossistema, apresentadas no quadro 11, bem como as descrições da distribuição espacial, são complementadas pelos resultados da modelagem da vulnerabilidade natural à perda de solo, proposta por Crepani et al. (2001).

4.3. Vulnerabilidade Natural à Perda de Solo

A aplicação da modelagem proposta por Crepani et al. (2001), que resulta em 21 níveis de vulnerabilidade da paisagem à perda de solo unidades, foi levada a termo aglutinando estes níveis em 05 graus gerais de vulnerabilidade, escalonados entre as classes Estável e Vulnerável.

A álgebra de mapas utilizou os parâmetros indicados por Crepani et al. (2001), a exceção da “Dissecação do Relevo pela Drenagem” em razão da incompatibilidade de escala dos dados hidrográficos disponibilizados pela ANA (2012), bem como da falta de padrão nos dados disponibilizados pelo DGS (1977) e IBGE (1977). O parâmetro “Amplitude Altimétrica” foi calculado através dos limites das Bacias Hidrográficas Ottocodificadas em nível 06 pela ANA (2012), único nível que se mostrou compatível com o tamanho da área de estudo. A figura 32 apresenta o mapa contendo o resultado da modelagem da vulnerabilidade natural à perda de solo, aplicada à paisagem da área de estudo.

Figura 32 – Mapa de vulnerabilidade natural à perda de solo na área de estudo.²⁶



Fonte: Elaborada pelo autor.

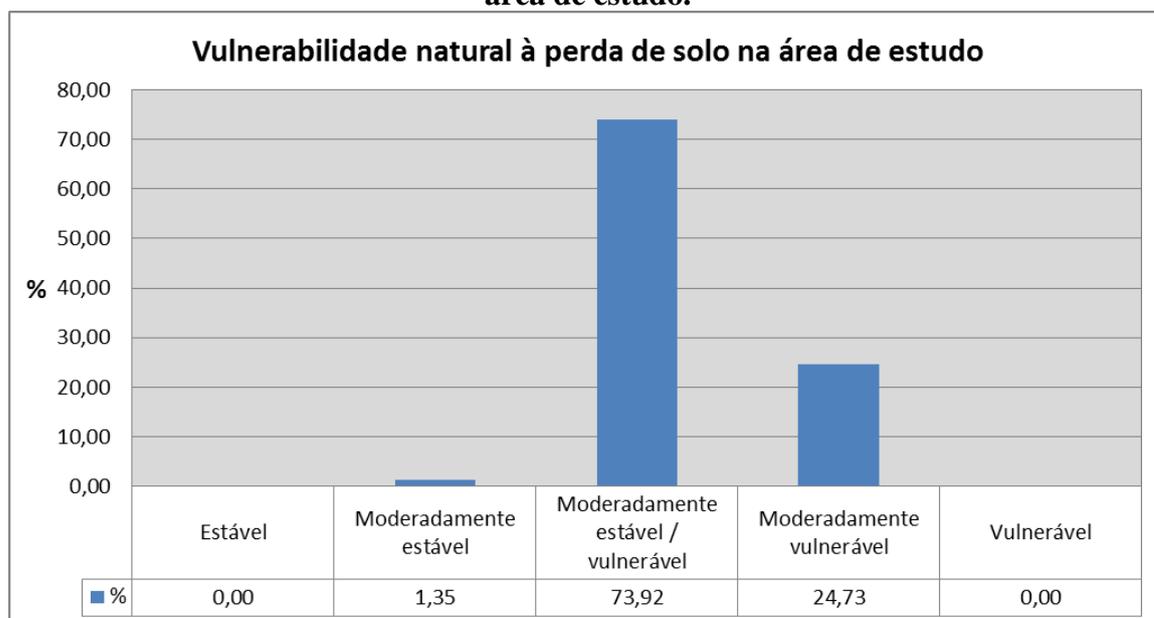
Uma vez que os parâmetros de “Amplitude Altimétrica” e “Erosividade” (decorrente do índice pluviométrico) pouco variam ou não variam na extensão da área de estudo, as diferenças no grau de vulnerabilidade surgiram em razão da distribuição espacial da litologia, da declividade, da maturidade da cobertura pedológica e da densidade da cobertura vegetal. Conforme mencionada, não obstante os dados de cobertura vegetal disponibilizados pelo IEF (2009) demandarem revisão para as áreas de ocorrência de Matas Secas, sua utilização para fins de modelagens registram densidade de cobertura vegetal com valores elevados de susceptibilidade à perda de solo na porção do geossistema do *Carste de Monjolos*. Esta distorção acaba por acentuar a condição frágil deste geossistema, porém, não desqualifica o uso dos dados, visto que valores elevados de susceptibilidade à perda de solo ocorrem significativamente nos demais geossistemas identificados.

Na área de estudo predomina, de maneira geral, a classe Moderadamente estável / vulnerável, que ocorre em todos os possíveis geossistemas identificados. Em seguida tem-se a ocorrência respectiva das classes Moderadamente estável e Moderadamente vulnerável, e

²⁶ Figura ampliada e incluída no Apêndice desta Dissertação.

não há registro das classes estável ou vulnerável. O gráfico 02 apresenta a contagem percentual dos pixels em cada classe de vulnerabilidade do modelo de Crepani et al. (2001).

Gráfico 02 – Distribuição percentual dos pixels nas classes da modelagem da vulnerabilidade natural à perda de solo, baseada em Crepani et al. (2001), aplicada à área de estudo.



Fonte: Elaborado pelo autor.

Casos de aplicação do modelo de Crepani et al. (2001) em outras áreas (sub bacias do Alto Rio Pardo – SP, do Alto Rio das Velhas – MG, do município de Morretes – PR) apresentam similitude no padrão dos resultados, predominando a classe Moderadamente estável / vulnerável com percentual bastante elevado, seguida da classe Moderadamente estável ou da classe Moderadamente vulnerável com percentuais menores, e das classes Estável e Vulnerável com percentual significativamente menor (RIBEIRO; CAMPOS, 2007; SANTOS; SOBREIRA, 2008; MESQUITA; ASSIS; SOUZA, 2010).

Demonstrando-se novamente ser o geossistema mais frágil na área de estudo, no *Carste de Monjolos* predomina a classe moderadamente vulnerável, associada a rochas mais susceptíveis ao intemperismo químico (calcários e margas), e a declividades acidentadas (ondulada, forte ondulada, montanhosa ou escarpada). Na *Planície do Rio das Velhas*, bem como na *Serra do Espinhaço Meridional – Face Oeste*, ocorrem trechos moderadamente estáveis, associados aos latossolos, bem como moderadamente vulneráveis, associados a declividades acentuadas (no caso da *Planície*) ou a metarligitos, metassiltitos e filitos (no caso da *Face Oeste*). Os resultados da *Face Oeste*, novamente semelhantes à *Serra do Cabral*, demonstra ser o geofácies mais complexo da *Serra do Espinhaço Meridional*. Nas geofácies

Interflúvio e na *Face Leste* predomina a classe intermediária moderadamente estável / vulnerável, amplamente associada à ocorrência de afloramentos rochosos de quartzitos (ausência de solo).

A vulnerabilidade moderada do *Carste de Monjolos* no resultado da aplicação da modelagem de vulnerabilidade natural à perda de solo sugere que os aspectos ambientais atuam em conjunto, com a litologia exercendo papel decisivo. A hierarquização de susceptibilidade litológica à denudação química (CREPANI et al., 2001) para a modelagem já diferencia litologias. As rochas compostas por calcita e dolomita (tais como os calcários e margas do *Carste de Monjolos*) são as mais susceptíveis e rochas compostas por mineiras siliciclásticas (tais como os quartzitos da *Serra do Espinhaço Meridional*) são os de menor susceptibilidade.

Saadi (1995) também reconhece que o conjunto litológico da Serra do Espinhaço e adjacências influencia diferentemente a evolução da paisagem na região devida às diferenças de comportamento frente ao intemperismo. Dentre as unidades lito-estruturais que este autor distingue para a paisagem da região, na área de estudo, estão as unidades predominantemente quartzíticas do Supergrupo Espinhaço, recortada por diques de rochas metabásicas e unidade pelíticocarbonática do Grupo Bambuí.

Em paisagens cársticas, a cobertura pedológica interage decisivamente com o epicarste (porção superior da rocha solúvel subjacente coberta por material inconsolidado ou não), “influenciando a circulação hídrica interna e a elaboração da morfologia rochosa coberta, como também o exocarste e o endocarste” (PILÓ, 2000, 94). A ocorrência de solos rejuvenescidos (argissolos e cambissolos) indica evolução em ambiente úmido, com a agilidade do intemperismo químico sobre os calcários impuros (margosos). Isso ocorre por causa da rápida dissolução da calcita, aliada à rápida lixiviação, permitida pelo intenso fissuramento desse tipo de rocha. Desse modo, o material argiloso resultante do intemperismo decorre das impurezas, conforme mostrado na figura 33.

Figura 33 – Calcário margoso (impuro) nas margens da rodovia MG 220, próximo ao Ponto de Controle 03.



Fonte: Elaborada pelo autor.

Na paisagem siliciclástica desenvolvida sobre quartzitos, os efeitos da denudação geoquímica na litologia da Serra do Espinhaço Meridional, aferidos por Rocha (2011), indicam a ocorrência de Neossolos Quartzarênicos ou Neossolos Litólicos, demonstrando tendência ao teor de areia do solo ser muito alto e o de argila muito baixo em litologias de rochas predominantemente compostas de quartzo. Isto ocorre em função da difícil intemperização química dos minerais quartzosos. Apesar de esta condição apontar para o entendimento de maior vulnerabilidade à perda de solo, a aplicação da modelagem de Crepani et al. (2001) mostraram resultados predominantes como moderadamente estável / vulnerável no geossistema da *Serra do Espinhaço Meridional*, com enclaves moderadamente vulnerável especialmente na *Face Oeste*.

A álgebra de mapas simples, com as 06 variáveis, mostra uma paisagem classificada moderadamente vulnerável, não obstante a modelagem proposta Crepani et al. (2001) apresentar alguma tendência a resultados intermediários na escala de vulnerabilidade à perda de solo. Nesta escala, a classe mais abrangente é exatamente a classe intermediária moderadamente estável / vulnerável, a qual deveria aferir a distinção entre estabilidade e vulnerabilidade.

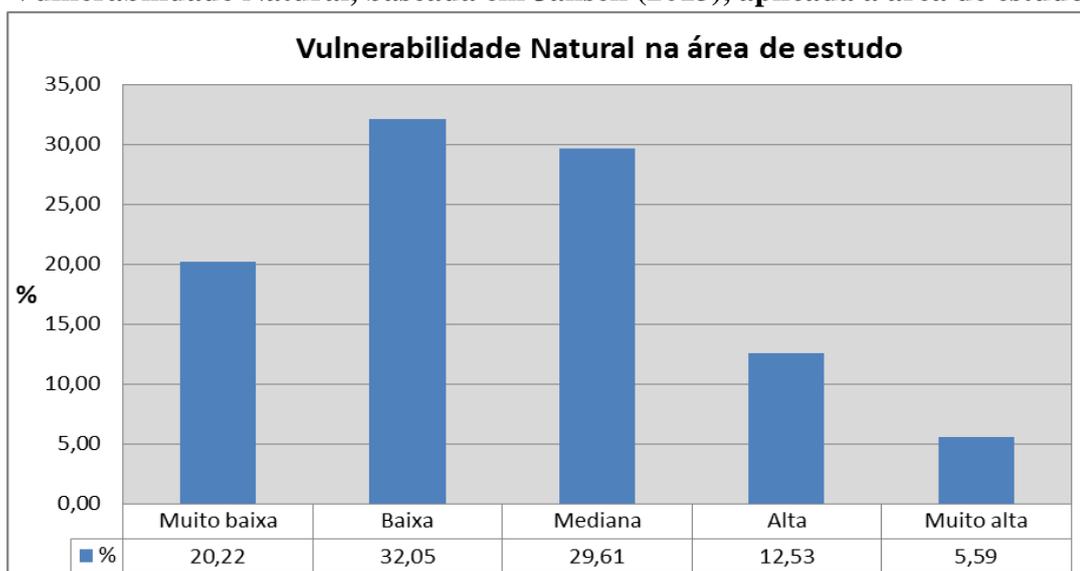
Apoiando-se no modelo de Crepani et al. (2001), Jansen (2013) elabora modelagem cuja álgebra de mapas é mais complexa e se mostra capaz de discernir a Vulnerabilidade Ambiental em diferentes porções da paisagem, tais como os diferentes geossistemas e geofácies identificados na área de estudo.

4.4. Vulnerabilidades Natural e Ambiental

A modelagem geoecológica proposta por Jansen (2013) ocorre em duas etapas distintas cujos resultados produzidos são, respectivamente, um modelo de Vulnerabilidade Natural e um modelo de Vulnerabilidade Ambiental, ambos com grande compatibilidade ao enfoque geossistêmico proposto por Bertrand (2004). O primeiro, resultante da álgebra de mapas ponderada de 05 variáveis ambientais, refere-se ao *potencial ecológico* da paisagem nos termos deste autor. Já o segundo, resultado da álgebra de mapas simples entre o modelo a Vulnerabilidade Natural e a variável *cobertura vegetal*, refere-se tanto à *exploração biológica* da paisagem, quanto à *ação antrópica*.

O gráfico 03 apresenta a distribuição dos pixels nas classes de Vulnerabilidade Natural com maiores valores percentuais classificados como baixo, mediano e muito baixo na área, seguidos das classes alto e muito alto. A contagem deste percentual indica o predomínio de potencial ecológico maior, resistente na paisagem da área de estudo.

Gráfico 03 – Distribuição percentual dos pixels nas classes da modelagem da Vulnerabilidade Natural, baseada em Jansen (2013), aplicada à área de estudo.

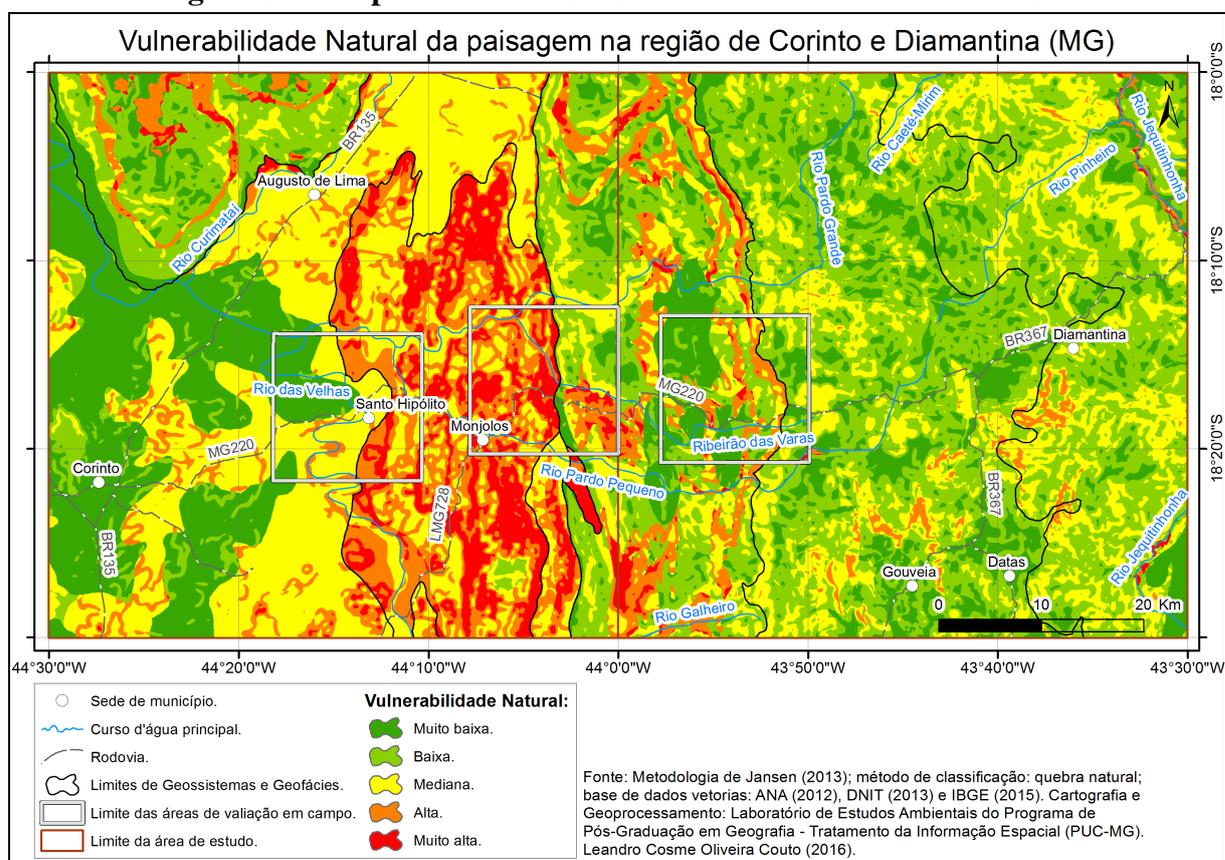


Fonte: Elaborado pelo autor.

A figura 34 apresenta a distribuição espacial da Vulnerabilidade Natural na área de estudo. Há ocorrência zonal concentrada da Vulnerabilidade Natural muito alta no geossistema do *Carste de Monjolos*, além de ocorrências locais nos demais geossistemas com destaque para a geofácies *Face Oeste da Serra do Espinhaço Meridional* e para a *Serra do Cabral*. No geossistema da *Planície do Rio das Velhas* a litologia sedimentar condiciona Vulnerabilidade mediana, notadamente no entorno do *Carste de Monjolos*, enquanto ocorrências de solos envelhecidos (latossolos) sustentam Vulnerabilidade muito baixa.

Nos geossistemas da *Serra do Espinhaço Meridional* e na *Serra do Cabral* predomina Vulnerabilidade Natural na classe baixa, a refletir a preponderância da resistência ao intemperismo químico das litologias metassedimentares. Enclaves de Vulnerabilidade nas classes muito baixa e mediana ocorrem refletindo variações respectivas na rugosidade topográfica e nos solos: menor rugosidade e/ou solos envelhecidos condicionam a ocorrência de vulnerabilidade natural muito baixa, enquanto rugosidade com valores elevados e/ou solos jovens induzem ocorrência de vulnerabilidade média.

Figura 34 – Mapa de Vulnerabilidade Natural na área de estudo.²⁷



Fonte: Elaborada pelo autor.

²⁷ Figura ampliada e incluída no Apêndice desta Dissertação.

Atentando-se para distinções nas geofácies da *Serra do Espinhaço Meridional*, o *Interflúvio* se apresenta tendendo a Vulnerabilidade muito baixa, enquanto a *Face Leste* tende a Vulnerabilidade mediana; a *Face Oeste*, em similitude ao geossistema da *Serra do Cabral*, apresenta enclaves de Vulnerabilidade alta e muito alta associados a solos arenosos em áreas de maior declividade. O quadro 12 apresenta a Vulnerabilidade Natural predominante em cada geossistema da área de estudo.

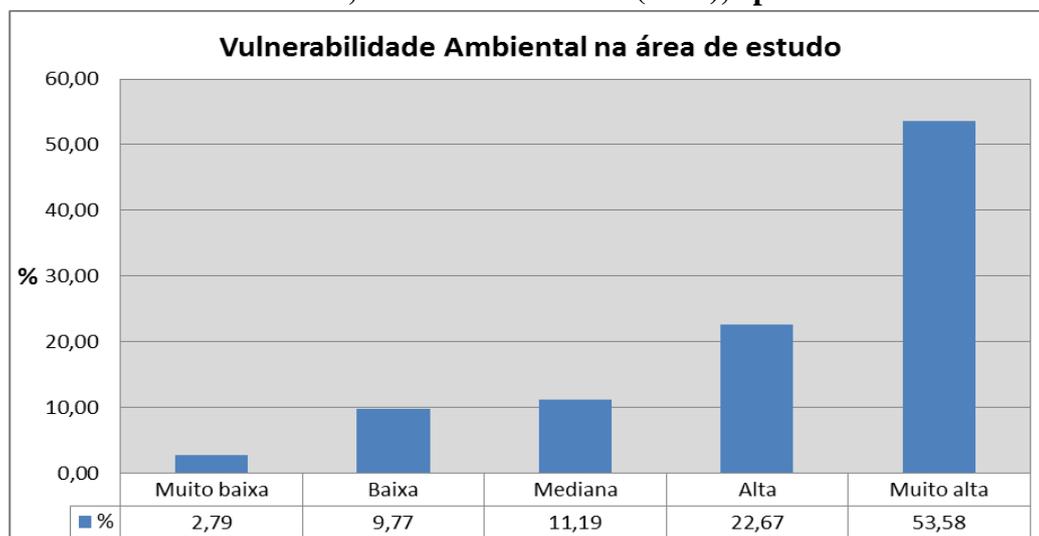
Quadro 12 – Distribuição espacial e Vulnerabilidade Natural predominante nos geossistemas da área de estudo.

Geossistema	Geofácies	Distribuição espacial	Vulnerabilidade Natural predominante
Planície do Rio das Velhas	-	Zonal	Mediana e muito baixa
Carste de Monjolo	-	Mosaico	Muito alta
Serra do Espinhaço Meridional	Face Oeste	Mosaico	Baixa, eclética
	Interflúvio	Mosaico	Baixa, tendência muito baixa
	Face Leste	Mosaico	Baixa, tendência mediana
Serra do Cabral	-	Mosaico	Baixa

Fonte: Elaborado pelo autor.

O modelo de Vulnerabilidade Natural conjugado à variável *cobertura vegetal* resultou na modelagem da Vulnerabilidade Ambiental da paisagem da área de estudo. Refletindo a consideração paritária entre o *potencial ecológico* e a *exploração biológica*, o percentual de pixels em cada classe de Vulnerabilidade Ambiental, apresentando no gráfico 04, diferencia-se muito do percentual no modelo de Vulnerabilidade Natural.

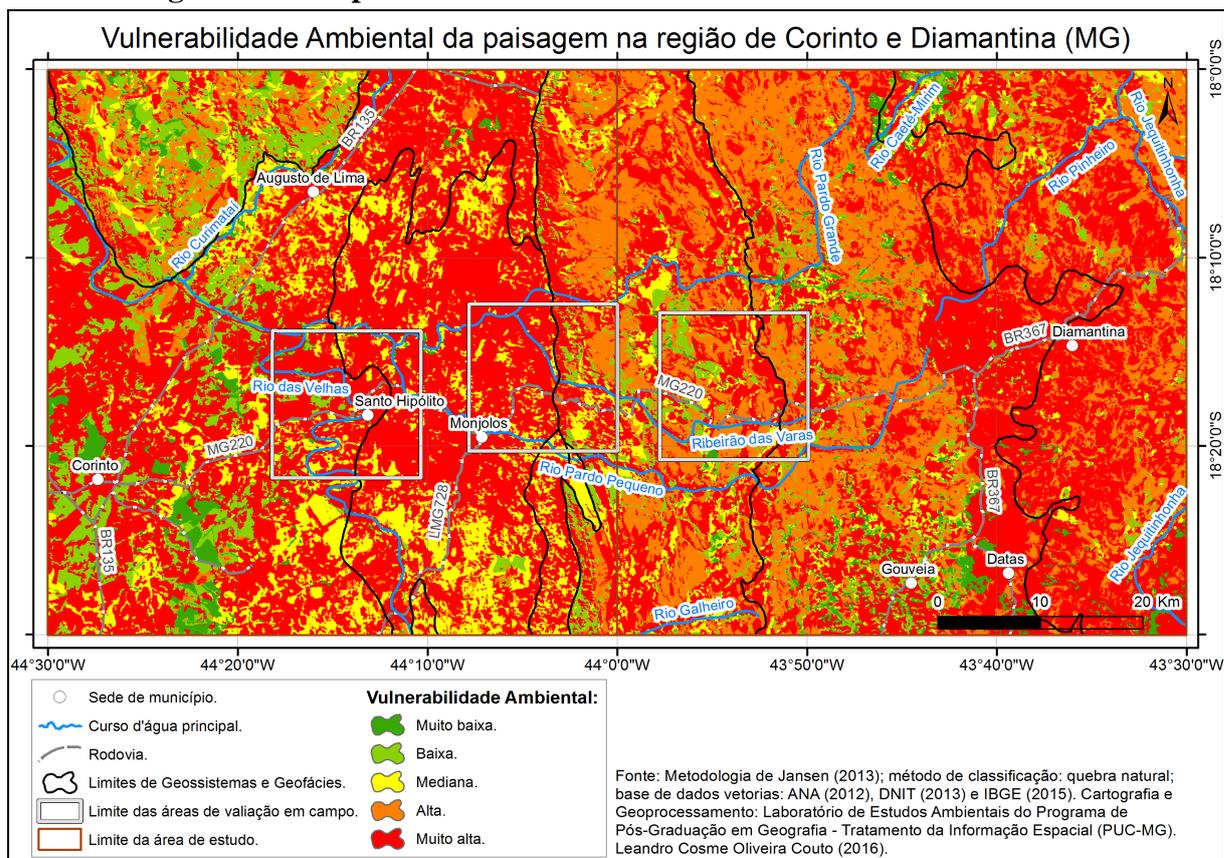
Gráfico 04 – Distribuição percentual dos pixels nas classes da modelagem da Vulnerabilidade Ambiental, baseada em Jansen (2013), aplicada à área de estudo.



Fonte: Elaborado pelo autor.

Em uma distribuição exponencial dos percentuais, a área de estudo se mostra com Vulnerabilidade Ambiental muito alta em mais da metade da paisagem, com as demais classes predominando respectivamente da classe alta à classe muito baixa. A figura 35 apresenta o mapa da Vulnerabilidade Ambiental na área de estudo e permite a identificação da variação na distribuição espacial em cada geossistema.

Figura 35 – Mapa de Vulnerabilidade Ambiental na área de estudo.²⁸



Na *Planície do Rio das Velhas* e *Carste de Monjolos* predomina Vulnerabilidade Ambiental muito alta decorrente da ação antrópica, ocorrendo enclaves de exploração biológica (cobertura nativa) na classe mediana em todo o *Carste de Monjolos*, bem como na classe mediana na porção leste da *Planície do Rio das Velhas* e de classe baixa e muito baixa na porção oeste.

Dentre as geofácies da *Serra do Espinhaço Meridional*, na Face Oeste e no Interflúvio predomina Vulnerabilidade Ambiental alta com enclaves em maior quantidade da classe muito alta seguida das classes baixa e mediana, embora ocorrências de classe mediana na

²⁸ Figura ampliada e incluída no Apêndice desta Dissertação.

Face Oeste e da classe baixa no *Interflúvio*. Diferentemente, predomina na Face Leste a Vulnerabilidade Ambiental na muito alta com enclaves principalmente nas classes alta, além das demais classes. A *Serra do Cabral* se destaca com considerável ecletismo de Vulnerabilidade, destacando-se por não predominar classe muito alta. O quadro 13 registra a Vulnerabilidade Ambiental predominante em cada geossistema.

Quadro 13 – Distribuição espacial e Vulnerabilidade Ambiental predominante nos geossistemas da área de estudo.

Geossistema	Geofácies	Distribuição espacial	Vulnerabilidade Ambiental predominante
Planície do Rio das Velhas	-	Mosaico	Alta
Carste de Monjolo	-	Mosaico	Muito alta
Serra do Espinhaço Meridional	Face Oeste	Mosaico	Alta
	Interflúvio	Mosaico	Alta
	Face Leste	Mosaico	Muito alta
Serra do Cabral	-	Mosaico	Eclética

Fonte: Elaborado pelo autor.

4.5. Análise integrada dos modelos

Os resultados da modelagem baseada em Tricart (1977) e das modelagens propostas por Crepani et al. (2001) e Jansen (2013) permitem o aprimoramento da identificação, conforme Bertrand (2004), dos possíveis geossistemas na paisagem da área de estudo. Cada modelo acentua, em enfoque próprio, características geoecológicas específicas, de tal maneira que a integração dos resultados melhor individualiza e caracteriza os geossistemas identificados. O geossistema pode ser entendido como uma categoria de análise da paisagem que incorpora os princípios orientadores da Geografia Clássica ou Tradicional elencados por Amorim Filho (2006), garantindo que a aplicação de cada modelagem seja mais bem integrada às demais. O quadro 14 aglutina os resultados modelados, com base em Tricart (1977), Crepani et al. (2001) e Jansen (2013), predominantes em cada geossistema.

Quadro 14 – Resultados modelados predominantes nos geossistemas da área de estudo.

Geossistema	Geofácies	Meio morfodinâmico	Vulnerabilidade natural à perda de solo	Vulnerabilidade Natural	Vulnerabilidade Ambiental
Planície do Rio das Velhas	-	<i>Intergrade</i> e estável moderado	Eclética, Moderadamente estável / vulnerável	Mediana e muito baixa	Eclética, majoritariamente muito alta
Carste de Monjolo	-	Instável moderado	Moderadamente vulnerável	Muito alta	Muito alta
Serra do Espinheiro Meridional	Face Oeste	Eclética, predomínio <i>intergrade</i>	Eclética, Moderadamente estável / vulnerável majoritária	Eclética	Alta
	Interflúvio	Estável moderado	Moderadamente estável / vulnerável	Baixa	Alta
	Face Leste	<i>Intergrade</i>	Moderadamente estável / vulnerável	Baixa e mediana	Muito alta
Serra do Cabral	-	Eclética, predomínio <i>intergrade</i>	Moderadamente estável / vulnerável	Baixa	Eclética

Fonte: Elaborado pelo autor.

A *Planície do Rio das Velhas* é um geossistema cujas características físicas, próprias de seu *potencial ecológico*, são ambientalmente resistentes. A pedogênese predomina na morfodinâmica e se conjuga à estabilidade moderada da cobertura pedológica produzida, gerando solos envelhecidos (latossolos) em uma topografia pouco acidentada, geralmente favorecendo a *ação antrópica*. Ainda assim, há ocorrências de solos rejuvenescidos (cambissolos), os quais são mais frágeis e não favorecem a *ação antrópica*, a exemplo do trecho visualizado na figura 36 submetido à intensa erosão laminar. A *exploração biológica*, composta por cobertura vegetal nativa savânica, gera trechos com Vulnerabilidade Ambiental baixa ou mediana, enquanto trechos com *ação antrópica* composta por florestas plantadas de eucaliptos foram modelados com Vulnerabilidade Ambiental muito baixa, uma vez que a modelagem proposta por Jansen (2013) não distingue florestas nativas e florestas plantadas, apenas reconhecendo o parâmetro florestal é mais resistente em face ao savânico e ao campestre.

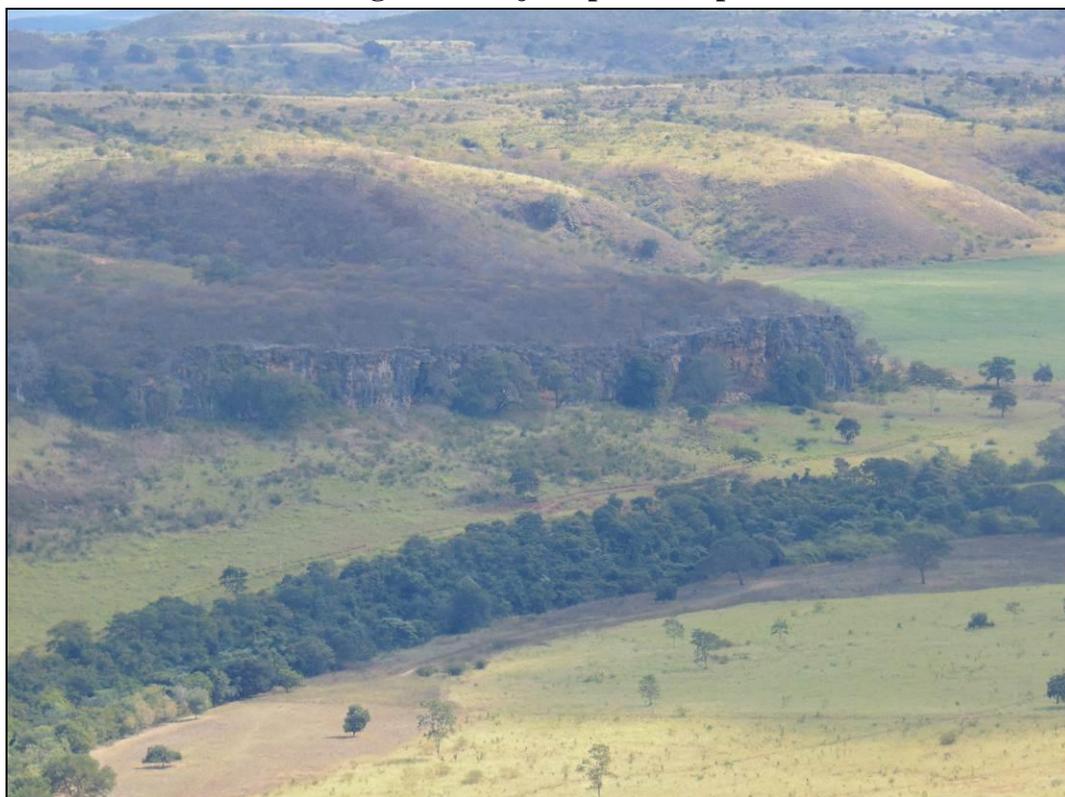
Figura 36 – Visada ENE das coordenadas 18,36° S e 44,27° W: área antropizada por pastagem abandonada sobre cambissolos em relevo suave ondulado.



Fonte: Elaborada pelo autor.

Imediatamente a oeste da *Planície do Rio das Velhas* está o *Carste de Monjolos*, geossistema ambientalmente mais frágil da paisagem da área de estudo e de menor extensão espacial. Sua fragilidade decorre diretamente do *potencial ecológico*, cuja litologia de calcários e margas é a mais susceptível ao intemperismo químico, resultando em eclética rugosidade topográfica, na qual terrenos com declividades suave ondulada e escarpada estão abruptamente próximos, conforme visualizado na figura 37. A morfogênese predomina na morfodinâmica da paisagem, ocorrendo moderada vulnerabilidade natural à perda de solo.

Figura 37 – Visada NNW das coordenadas 18,28° S e 44,04° W: mata de galeria do Ribeirão das Varas e cobertura vegetal nativa campestre sobre maciço de Calcário Margoso bordejado por escarpas.



Fonte: Elaborada pelo autor.

A *exploração ecológica* também se apresenta com diversidade de porte, com cobertura vegetal nativa dos tipos campestre, savânica e florestal, sendo esta diretamente associada aos carbonatos (Matas Secas). O predomínio de Vulnerabilidade Ambiental muito alta ocorre tanto em trechos impactados pela *ação antrópica* quanto em trechos com cobertura vegetal campestre. A cobertura savânica resulta em enclaves modelados com Vulnerabilidade Ambiental mediana. Caso a base de dados do IEF discriminasse a ocorrência de Matas Secas, conforme identificadas por Rodrigues (2011) e Rodrigues e Travassos (2013), seriam modelados enclaves com Vulnerabilidade mediana ou mesmo baixa.

A diferença do *potencial ecológico* e da *extração ecológica* do *Carste de Monjolos* em relação à *Planície do Rio das Velhas* é tão acentuada que lhe permite não ser reconhecida como uma geofácies deste e, sim, como um geossistema específico, não obstante possuir dimensão espacial muito menor.

Outra significativa mudança fisionômica da paisagem se dá a leste do *Carste de Monjolos*, onde se localiza o geossistema da *Serra do Espinhaço Meridional*. Este possui a maior dimensão espacial da área de estudo e apresentando algumas variações na distribuição espacial do *potencial ecológico*, sobre quartzitos, e da *exploração biológica*, nativa campestre. Esse geossistema se subdivide nas geofácies *Face Oeste*, com trechos compondo mosaico morfodinâmico tendendo à instabilidade; *Interflúvio*, onde predomina a pedogênese, e *Face Leste*, com mosaico morfodinâmico predominantemente *intergrade* tendendo à instabilidade. Ocorrências de outras rochas metassedimentares encravadas nos Quartzitos, principalmente na *Face Oeste*, resultam em instabilidade morfodinâmica e moderada vulnerabilidade do solo.

A *Serra do Espinhaço Meridional* apresenta *potencial ecológico* fundado em quartzitos, demonstrando-se resistente e com Vulnerabilidade Natural classificada como baixa, variando para muito baixa ou para mediana. Porém, a *exploração biológica*, majoritariamente composta por cobertura vegetal nativa campestre, faz com que a *Face Oeste* e o *Interflúvio* tenham Vulnerabilidade Ambiental alta, enquanto as ocorrências localizadas de *ação antrópica* em meio à cobertura campestre fazem com que a *Face Leste* tenha Vulnerabilidade Ambiental muito alta. O *potencial ecológico* favorece a *ação antrópica* direcionada ao turismo e inibe atividades para fins agropecuários.

Assim como a *Face Oeste*, o geossistema da *Serra do Cabral* se apresenta com Vulnerabilidade Natural predominantemente baixa, com ocorrências localizadas de trechos nas demais classes. A pedogênese prevalece na maior parte do terreno, onde ocorrem meios morfodinâmicos *intergrade* e estável moderado. No entanto, há ocorrências de meios instáveis

nos níveis moderado e mediano em trechos de rugosidade topográfica alta e muito alta, nos quais prevalece a morfogênese. Não obstante a ocorrência de solos jovens (Neossolos Litólicos ou Quartzarênicos), o solo se apresenta modelado na classe moderadamente estável / vulnerável.

A própria localização circundada pela *Planície do Rio das Velhas* é indicativa da capacidade ambiental de resistência elevada. Não obstante semelhanças ao potencial ecológico da *Serra do Espinhaço Meridional*, a localização implica em exploração biológica mais resistente, composta por maiores ocorrências de cobertura vegetal savânica modelados com Vulnerabilidade Ambiental baixa ou mediana. Igualmente, na *Planície do Rio das Velhas*, trechos com *ação antrópica* composta por florestas plantadas de eucaliptos foram modelados com Vulnerabilidade Ambiental muito baixa ou baixa.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

“No real da vida, as coisas acabam com menos formato, nem acabam. Melhor assim. Pelejar pelo exato, dá erro contra a gente. Não se queira. Viver é muito perigoso...”
(J. Guimarães Rosa, *O Grande Sertão: Veredas.*)

As modelagens geoecológicas da paisagem apresentaram resultados distintos, embora relativamente compatíveis para a região de Corinto e Diamantina. O enfoque geossistêmico (BERTRAND, 2004) garantiu a compatibilidade por meio da caracterização dos aspectos ambientais e da análise dos elementos *potencial ecológico, exploração ecológica e ação antrópica*, feita por amostra em transectos. Foram identificados 04 geossistemas: *Planície do Rio das Velhas, Carste de Monjolos, Serra do Cabral e Serra do Espinhaço Meridional*, este composto por 03 geofácies (*Face Oeste, Interflúvio e Face Leste*).

Ressalva-se que a base de dados, disponibilizada digitalmente por várias instituições públicas especializadas, demandou esforço para consolidação, correção e validação antes de ser submetida às modelagens aplicadas. Ainda assim, quando comparadas com informações produzidas por pesquisas específicas, houve divergências, em parte decorrentes do uso de diferentes escalas espaciais. O mapeamento da cobertura pedológica de Minas Gerais, feito pelo DPS / UFV (2006) face aos levantamentos de campo empreendidos nesta pesquisa. Entretanto, esse não foi o caso do mapeamento da cobertura vegetal de Minas Gerais (IEF, 2009) ante os trabalhos de Rodrigues (2011) e Rodrigues e Travassos (2013), que identificaram Matas Secas sobre os carbonatos na região de Monjolos.

Além destas ressalvas quanto aos dados digitais consolidados, são viáveis algumas observações sobre as modelagens baseadas em Tricart (1977), de Crepani et al. (2001) e de Jansen (2013), bem como sobre os usos potenciais da área de estudo.

- Modelagens baseadas em Tricart (1977) e de Crepani et al. (2001):

As álgebras de mapas simples, compostas pela adição entre 03 variáveis, no caso da modelagem morfodinâmica baseada em Tricart (1977), e 06 variáveis, no caso da modelagem proposta por Crepani et al. (2001) para vulnerabilidade natural à perda de solo, resultaram no enquadramento da paisagem da área de estudo nas respectivas classes intermediárias. Todavia, a modelagem morfodinâmica, possuidora de 07 classes, apresentou uma classe intermediária mais precisa do que a modelagem de vulnerabilidade do solo. A modelagem proposta por Crepani et al. (2001), cujo modelo final possui 21 classes agregadas em 05 graus

de vulnerabilidade, aglutina mais classes no grau intermediário, resultando em maior generalização.

A modelagem de Crepani et al. (2001) serviu de apoio às demais modelagens, baseada em Tricart (1977) e propostas por Jansen (2013), principalmente na parametrização do aspecto litológico por meio da variável Grau de Coesão das Rochas (GCR). Porém, esta parametrização, assumidamente com teor subjetivo, abrange um conjunto relativamente reduzido de tipos de rochas, deixando lacunas que acabam por serem preenchidas por outros pesquisadores (e.g.: RIBEIRO; CAMPOS, 2007; SANTOS; SOBREIRA, 2008; MESQUITA; ASSIS; SOUZA, 2010; JANSEN, 2013), também com teor subjetivo.

A variável GCR não é a única e necessariamente a mais adequada para representar o aspecto litológico em uma álgebra de mapas, pois se refere a condições mecânicas e não considera as condições geoquímicas das rochas. A inclusão de “falhamentos e fraturamentos” como variável melhoraria a modelagem ao considerar fraturas e falhas como indutoras de maior fragilidade geológica em seus trechos de entornos. Assim, um mesmo corpo litológico fraturado apresentaria níveis diferentes de fragilidade, mais acentuado no entorno de falhas e fraturas ou menos acentuado em trechos afastados destes elementos estruturais. Por fim, a inclusão da “estrutura litológica” também melhoraria a modelagem ao considerar os diferentes tipos de estrutura como parâmetros de maior ou menor fragilidade ambiental.

- Modelagem de Jansen (2013):

Entre as modelagens aplicadas, a proposta por Jansen (2013) melhor se adequou ao enfoque geossistêmico. Sua álgebra de mapas é ponderada, composta pela adição entre 05 variáveis com diferentes pesos, e resultou no enquadramento da paisagem na área de estudo com distribuição melhor nas classes 05 de Vulnerabilidade Natural, que corresponde à aferição do *potencial ecológico*. Com a adição simples de uma sexta variável (cobertura vegetal), os resultados de Vulnerabilidade Ambiental, correspondendo à conjugação entre *potencial ecológico* com a *exploração biológica* e a *ação antrópica*, concentraram-se na classe muito alta, a mais frágil possível.

Dada a diversidade litológica, própria do contato entre rochas metassedimentares do Supergrupo Espinhaço e sedimentares do Grupo Bambuí, o geossistema do *Carste de Monjolos* (sobre calcários margosos do Grupo Bambuí) destaca-se por apresentar maior fragilidade ambiental. Nele predominam as condições morfodinâmicas mais instáveis, a vulnerabilidade do solo mais proeminente e as Vulnerabilidades Natural e Ambiental muito

alta. Nos três modelos gerados, as diferenças entre o *Carste de Monjolos* e a *Planície do Rio das Velhas* permitem que ambos sejam reconhecidos como geossistemas diferentes. O *Carste de Monjolos* não é uma geofácies da *Planície do Rio das Velhas*.

A *Serra do Espinhaço Meridional* possui dinâmicas diferentes em suas vertentes oeste e leste, que avançam paulatinamente sobre o interflúvio dotado de certa estabilidade natural. Neste geossistema, sobre resistentes quartzitos do Supergrupo Espinhaço, predominam condições morfodiâmicas mais estáveis ou no limiar da estabilidade, embora na *Face Oeste* ocorram condições instáveis. Esta geofácies se mostrou com os resultados mais ecléticos da área de estudo nas três modelagens aplicadas, destacando-se pela complexidade ambiental. O geossistema da *Serra do Cabral* mostrou resultados semelhantes aos da *Face Oeste*.

A geofácies *Interflúvio*, ao contrário do que as elevadas cotas altimétricas poderiam sugerir, mostrou-se com morfodinâmica estável moderada e no limiar da vulnerabilidade à perda de solo, com predominância de Vulnerabilidade Natural baixa, variando para muito baixa ou mediana. Entretanto, a cobertura vegetal faz com que Vulnerabilidade Ambiental seja predominantemente alta com enclaves muito alta. Entre as geofácies da *Serra do Espinhaço Meridional*, a *Face Leste* é a de maior fragilidade ambiental, na qual predomina Vulnerabilidade Ambiental muito alta em razão de a Vulnerabilidade Natural ser majoritariamente mediana.

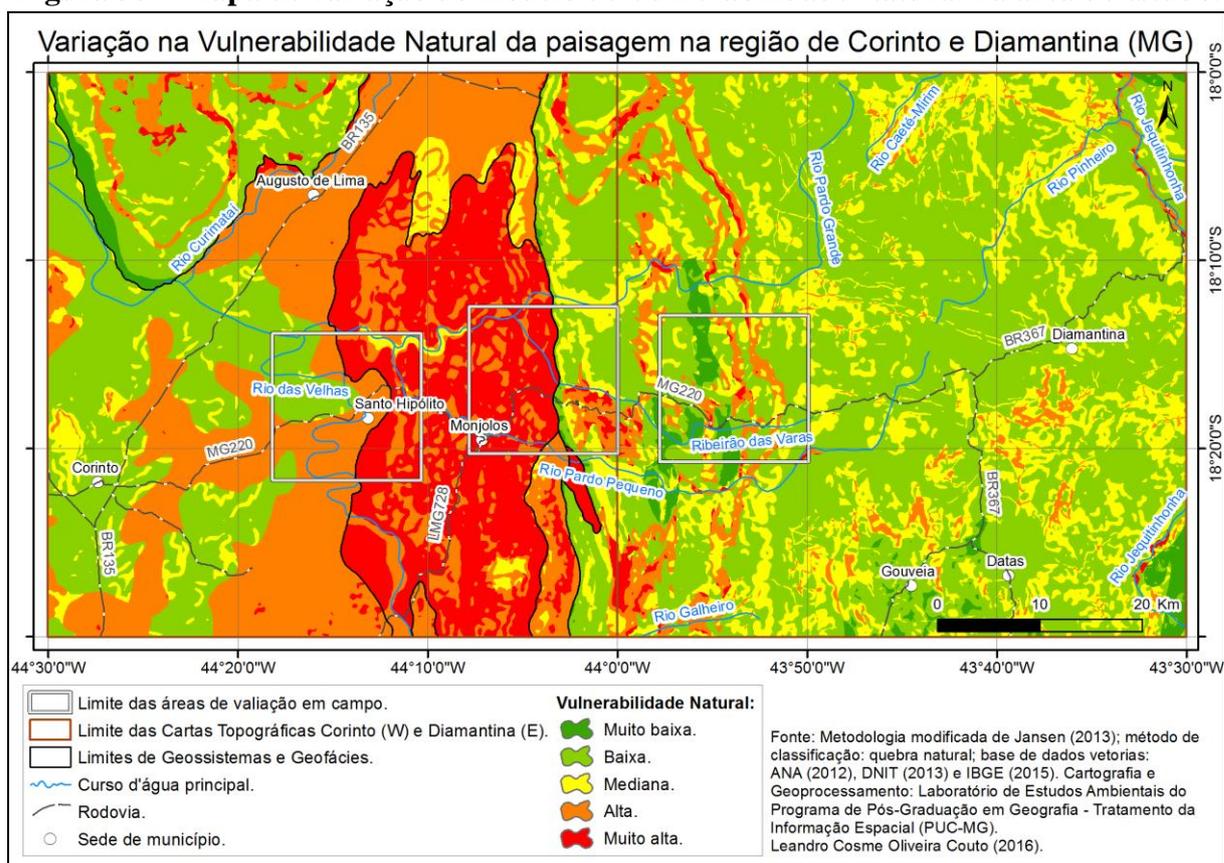
A utilização da variável “Índice de Concentração da Rugosidade Topográfica”, feita por Jansen (2013), a qual corresponde a uma síntese das três variáveis utilizadas por Crepani et al. (2001), facilita o manuseio e aplicação do aspecto relevo em modelagens geocológicas.

- Propostas de novas modelagens de Vulnerabilidade Natural:

Respeitando-se a variável “geologia” como de maior peso na modelagem da Vulnerabilidade Natural (JANSEN, 2013), é pertinente verificar possíveis calibrações desse modelo através de diferentes pesos para as demais variáveis (relevo, solo, clima e potencial espeleológico). A figura 38 apresenta variações no modelo da Vulnerabilidade Natural na área de estudo, decorrente da igualdade de pesos entre as variáveis “pedologia” e “Índice de Concentração da Rugosidade Topográfica – ICR” na álgebra de mapas:

$$\mathbf{VN = GEO*0.35 + PED*0.20 + ICR*0.20 + IP*0.15 + PAV*0.10}$$

Figura 38 – Mapa de variação do modelo de Vulnerabilidade Natural na área de estudo.



Fonte: Elaborada pelo autor.

Comparados aos resultados da modelagem original proposta por Jansen (2013) (Figura 34), os resultados desta variação na calibragem dos pesos se diferenciam significativamente pelo aumento geral na vulnerabilidade natural da área de estudo. Ocorre a diminuição de trechos classificados como de Vulnerabilidade Natural muito baixa, principalmente nas três geofácies do geossistema *Serra do Espinhaço Meridional*, que passam a ter trechos predominantemente classificados como de Vulnerabilidade baixa. Acompanhando este aumento geral, os efeitos desta variação na calibragem elevam a Vulnerabilidade Natural dos geossistemas *Planície do Rio das Velhas* e o *Carste de Monjolos*, que passa a ser, quase em sua totalidade, classificado como de Vulnerabilidade Natural muito alta. Os resultados corroboram a constatação principal da modelagem original em ser o *Carste de Monjolos* o geossistema mais frágil da área de estudo.

Outra proposição de modelagem da Vulnerabilidade Natural passível de estudo e pesquisa envolve modificações mais significativas na equação, alterando pesos e reposicionando e/ou incluindo outras variáveis. O reposicionamento e a ponderação das variáveis atende aos condicionamentos geológico e climático do relevo e da cobertura pedológica, sendo:

$$VN = GEO*0.35 + IP*0.25 + PED*0.20 + ICR*0.20$$

Onde:

VN = Vulnerabilidade Natural;

GEO = Geologia, média aritmética do Grau de Coesão das Rochas (GCR), do Falhamento e Fraturamento (FF), da Estrutura Litológica (EL) e Potencial de Ocorrência de Cavidades (PCAV);

IP = Intensidade Pluviométrica, média aritmética entre a Quantidade Anual de Precipitação (QAP) e a Distribuição Anual de Precipitação (DAP);

PED = Pedologia, representada pela Maturidade do Solo;

ICR = Índice de Concentração da Rugosidade Topográfica.

Nesta proposição, as parametrizações das variáveis já utilizadas em outras modelagens devem ser aprimoradas, bem como as parametrizações das novas variáveis devem ser consolidadas. Juntamente aos refinamentos e aprimoramentos susceptíveis às modelagens aplicadas, a avaliação dos usos potenciais na área de estudo aponta para a continuidade de estudos e a realização de pesquisas posteriores.

- Usos potenciais na área de estudo:

Os resultados das modelagens geológicas aplicadas à paisagem da região de Corinto e Diamantina permitem avaliações sobre os usos potenciais na área de estudo. Para isso, porém, faz-se necessária revisão nas bases de dados digitais em consideração às escalas originais utilizadas. Bem como, é necessário maior refinamento no conjunto de dados referentes à ação antrópica em cada geossistema mapeado.

Conforme aferido em campo, na *Planície do Rio das Velhas* e no *Carste de Monjolos* ocorrem atividades agropecuárias, enquanto na *Serra do Espinhaço Meridional* atividades de turismo despontam em razão dos aspectos abiótico e bióticos, em maior destaque, e dos aspectos históricos e culturais.

Os usos potenciais em cada geossistema podem ser avaliados individualmente. Entretanto, a avaliação integrada se mostra mais adequada. Assim, o potencial agrícola da Planície do Rio das Velhas e do Carste de Monjolos deve ser conjugado às condições geológicas de instabilidade morfodinâmica e vulnerabilidades à perda de solo, natural e ambiental. Por sua vez, o potencial turístico da Serra do Espinhaço Meridional pode ser acentuado ao ser integrado ao potencial geoturístico do Carste de Monjolos, ainda pouco explorado.

REFERÊNCIAS

- AB'SABER, A. N. *Os domínios de natureza no Brasil: potencialidades paisagísticas*. 2. ed. São Paulo: Nacional, 2003.
- ABREU, A. O Supergrupo Espinhaço da Serra do Espinhaço Meridional (Minas Gerais: o rifte, a bacia e o orógeno. *Geonomos*. 3 (1): 01-18, 1995.
- AMORIM FILHO, O. B. A pluralidade da Geografia e a necessidade das abordagens culturais. In.: *Caderno de Geografia*, v. 16, nº 26. Belo Horizonte, 2006. p. 35-56.
- ANA, Agência Nacional de Águas. *Shapefile da rede hidrográfica nacional*. 2012. Escala original: 1:1.000.000. Disponível em <http://metadados.ana.gov.br/geonetwork/srv/pt/main.home>. Acesso em: jan. de 2016.
- ANDREYCHOUK, V. et al. *Karst in the Earth's Crust: its distribution and principal types*. Poland: University of Silesia / Ukrainian Academy of Sciences / Tavrichesky National University-Ukrainian Institute of Speleology and Karstology, 2009.
- BARROSO, L. C. e ABREU, J. F. (Orgs) *Geografia, modelos de análise espacial e GIS*. Belo Horizonte: PUC Minas, 2003.
- BECKER, B. K. A geopolítica na virada do milênio: logística e desenvolvimento sustentável. In.: CASTRO, I. E. de; GOMES, P. C. da C; Corrêa, R. L. *Geografia: conceitos e temas*. 15ª ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2012.
- BERTRAND, G. Paisagem e geografia física global: esboço metodológico. Tradução: Olga Cruz. *Revista RA' E GA*. Editora UFPR. Curitiba, n. 8, p. 141-152. 2004.
- CECAV, Centro Nacional de Pesquisa e Conservação de Cavernas. *Shapefile da distribuição de cavidades naturais subterrâneas no Brasil*. 2016. Escala original: 1:2.500.000. Disponível em: <http://www.icmbio.gov.br/CECAV/downloads/mapas.html>. Acesso em: jan. de 2016.
- CHRISTOFOLETTI, A. *Análise de sistemas em Geografia*. São Paulo: HUCITEC, USP, 1979.
- CHRISTOFOLETTI, A. *Modelagem de sistemas ambientais*. São Paulo: Edgard Blücher, 1999.
- CODEMIG, Companhia de Desenvolvimento Econômico de Minas Gerais. *Shapefile da litologia da Carta Topográfica de Diamantina (MG)*. Escala original: 1.100.000. Disponível em: <http://www.portageologia.com.br/index.php/mapa/#downloads-tab>. Acesso em: jan. de 2016.
- CONAMA, Conselho Nacional de Meio Ambiente. Resolução nº 357, de 17 de março de 2005. Alterada pela Resolução 410/2009 e pela 430/2011. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res05/res35705.pdf>. Acesso em: 28/03/2016.

COPAM, Conselho Estadual de Política Ambiental de Minas Gerais. *Deliberação Normativa nº 20, de 24 de junho de 1997*. Dispõe sobre o enquadramento das águas da bacia do rio das Velhas. Disponível em: <http://www.siam.mg.gov.br/sla/download.pdf?idNorma=115>. Acesso em: 28/03/2016.

CPRM, Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais / Serviço Geológico do Brasil. *Shapefile da litologia da Carta Topográfica de Corinto (MG)*. Escala original: 1.100.000. Disponível em: http://geobank.cprm.gov.br/pls/publico/geobank.download.downloadVetoriais?p_webmap=N&p_usuario=1. Acesso em: jan. de 2016.

CREPANI, E. et al. *Sensoriamento remoto e geoprocessamento aplicados ao zoneamento ecológico-econômico e ao ordenamento territorial*. São José dos Campos: INPE, 2001.

DNIT, Departamento Nacional de Infraestrutura e Transporte. *Shapefile das rodovias nacionais*. 2013. Escala original: 1:1.000.000. Disponível em <http://www.dnit.gov.br/mapas-multimodais/shapefiles>. Acesso em: out. de 2015.

DOMÍNIOS morfoclimáticos e fitogeográficos do Brasil. Blog do Professor Murilo Guirro. [S.l.]: Prof. Murilo Guirro, 2016. Disponível em: <http://professormuriloguirro.blogspot.com.br/p/aulas-minhas.html/>. Acesso em: 05 de abril de 2016.

DPS / UFV, Departamento de Solos da Universidade Federal de Viçosa. *Shapefile da distribuição dos solos em Minas Gerais*. 2006. Escala original: 1:650.000. Disponível em: http://www.dps.ufv.br/?page_id=742. Acesso em: jan. de 2016.

DSG, Departamento de Serviço Geográfico do Exército Brasileiro. *Carta Topográfica Corinto, SE-23-Z-A-II (MI 2422)*. Rio de Janeiro: IBGE, 1977. Escala 1:100.000.

ESRI, *Environmental Systems Research Institute*. ArcGis 10.2. Software comercial. Disponível no Laboratório de Estudos Ambientais do Programa de Pós-Graduação em Geografia - Tratamento da Informação Espacial (PUC-MG). Acesso em: 2015 e 2016.

FABRI, F. P. *Estudo das cavernas quartzíticas da região de Itambé do Mato Dentro, Serra do Espinhaço Meridional (MG)*. Dissertação de Mestrado. UFMG: Belo Horizonte, 2011.

FIBGE, Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. *Resolução do Presidente nº 01/2005 (R. Pr. – 1/2005)*. Altera a caracterização do Sistema Geodésico Brasileiro. Data: 25/02/2005. Disponível em: ftp://geofp.ibge.gov.br/documentos/geodesia/projeto_mudanca_referencial_geodesico/legislacao/rpr_01_25fev2005.pdf. Acesso em: 13 out. 2015.

FOGAÇA, A. C. C. *Diamantina*. Mapa Geológico. Escala 1:100.000. Belo Horizonte: Companhia de Desenvolvimento Econômico de Minas Gerais (CODEMIG), 2011.

GOMES, M. *Metodologia para identificação de áreas vulneráveis para a conservação do Patrimônio Espeleológico brasileiro*. Monografia (Especialização em geoprocessamento) – UFMG, Belo Horizonte, 2010.

GONTIJO, B. M. Uma geografia para a Cadeia do Espinhaço. *Megadiversidade*. v. 4, n. 1-2, p. 7-15, 2008.

GOOGLE INC. *Google Earth*. Software livre. Disponível para download em: <https://www.google.com.br/earth/download/ge/agree.html>. Acesso em 04/04/2016.

GUIMARAES, R. L. *Mapeamento geomorfológico do carste da região de Monjolos, Minas Gerais* Dissertação de Mestrado. PUC Minas: Belo Horizonte, 2012.

GUIMARAES, R. L., TRAVASSOS, L. E. P. e LINKE, V. A Geografia Cultural do carste tradicional carbonático de Monjolos, MG: uma primeira aproximação. In.: *Anais do 31º Congresso Brasileiro de Espeleologia*. Sociedade Brasileira de Espeleologia: Ponta Grossa (PR), 21-24 de julho de 2011.

HAGGETT, P. e CHORLEY, R. J. Modelos, paradigmas e a Nova Geografia. In. CHORLEY, R. J. e HAGGETT, P. *Modelos físicos e de informação em Geografia*. Rio de Janeiro: Livros Técnicos e Científicos, 1-19, 1975.

IBGE, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. *Carta Topográfica Diamantina, SE-23-Z-A-III*. (MI 2423). Rio de Janeiro: IBGE, 1977. Escala 1:100.000.

IBGE, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. *Mapa Brasil Climas*. Rio de Janeiro: IBGE, 1978. Escala 1: 5.000.000.

IBGE, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. *Mapa de unidades de relevo do Brasil*. 2. ed. Rio de Janeiro: IBGE, 2006. Escala 1: 5.000.000.

IBGE, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. *Manual técnico da pedologia*. 2ª ed. Rio de Janeiro: IBGE, 2007.

IGA, Instituto de Geociências Aplicadas. *Atlas Digital de Minas Gerais*. Geomorfologia. Disponível em: http://www.iga.mg.gov.br/mapserv_iga/atlas/TutorialPDF/7-Geomorfologia.pdf. Acesso em 09/03/2016.

JANSEN, D. C. *Mapa brasileiro de potencialidade de ocorrência de cavernas*. In: IX Encontro Nacional da ANPEGE, 2011, Goiânia. IX ENANPEGE – Encontro Nacional da Associação Nacional de Pós-Graduação e Pesquisa em Geografia, 2011.

JANSEN, D. C. *Análise ambiental da área de proteção ambiental do Morro da Pedreira e do Parque Nacional da Serra do Cipó para a proteção do patrimônio espeleológico*. Dissertação de Mestrado. PUC Minas: Belo Horizonte, 2013.

KNAUER, L. G.; et al. *Corinto*. Mapa Geológico. Escala 1:100.000. Belo Horizonte: Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais / Serviço Geológico do Brasil (CPRM), 2011.

MENESES, I. C. R. R. C. *Análise geossistêmica na área de proteção ambiental (APA) Carste de Lagoa Santa, MG*. Dissertação (Mestrado) – PUC Minas, 2003.

MESQUITA, C.; ASSIS, A. Q. S. de; SOUZA, R. M. de. Vulnerabilidade natural à perda de solos da bacia hidrográfica do Rio Sagrado – Morretes/PR. In.: *Revista de Geografia. Recife: UFPE – DCG/NAPA*, v. especial VIII SINAGEO, n. 2, set. 2010.

MONTEIRO, C. A. de F. *Geossistemas: a história de uma procura*. 2 ed. São Paulo: Contexto, 2001.

PILO, L. B. Revisão de Literatura – Geomorfologia Cárstica. In.: *Revista Brasileira de Geomorfologia*. São Paulo: Universidade de São Paulo, Volume I, nº 1 (2000): 88-102.

PISSINATI, M. C. e ARCHELA, R. S. Geossistema território e paisagem – Método de estudo da paisagem rural sob a ótica Bertrandiana. In.: *Geografia*. Universidade Estadual de Londrina (UFL) – Departamento de Geociências, v. 18, n. 1, jan./jun. 2009.

REIS, R. J.; GUIMARÃES, D. P.; LANDAU, E. C. Chuvas em Minas Gerais. Belo Horizonte: Ed. PUC Minas, 2012.

ROCHA, L. C. *Denudação geoquímica na evolução da Serra do Espinhaço Meridional, MG - Brasil*. Tese de Doutorado. UFMG: Belo Horizonte, 2011.

RODRIGUES, B. D. *Identificação e mapeamento das matas secas associadas ao carste carbonático de Santo Hipólito e Monjolos, Minas Gerais*. / Dissertação de Mestrado. PUC Minas: Belo Horizonte, 2011.

RODRIGUES, B. D. e TRAVASSOS, L. E. P. Identificação e mapeamento das matas secas associadas ao carste carbonático de Santo Hipólito e Monjolos. *Mercator – Revista de Geografia da UFC (Universidade Federal do Ceará)*. Fortaleza, v. 12, n. 29, p. 233-256, set./dez. 2013.

SAADI, A. A geomorfologia da Serra do Espinhaço em Minas Gerais e de suas margens. In.: *Geonomos* 3 (1): 41-63, 1995.

SANT'ANNA NETO, J. L. Decálogo da climatologia do sudeste brasileiro. In.: *Revista Brasileira de Climatologia*, v. 1, nº 1: 43-60, 2005.

SANTOS, C. A. dos; SOBREIRA, F. G. Análise da fragilidade e vulnerabilidade natural dos terrenos aos processo erosivos como base para o ordenamento territorial: caso das bacias do Córrego Carioca, Córrego do Bação e Ribeirão Carioca na região do Alto Rio das Velhas - MG. In.: *Revista Brasileira de Geomorfologia*, v.9, n.1, p.65-73, 2008.

SOTCHAVA, V. B. O estudo do geossistema. In: *Métodos em Questão (Nº 16)*. Instituto Geográfico do Estado de São Paulo, p. 1-49, 1977.

TRAVASSOS, L. E. P., GUIMARÃES, R. L. e VARELA, I. D. Áreas cársticas, cavernas e a Estrada Real. In.: *Pesquisas em Turismo e Paisagens Cársticas*. Campinas: SeTur/SBE, 1(2), 2008.

TRAVASSOS, L. E. P. *Caracterização do carste da região de Cordisburgo, Minas Gerais, Brasil*. Belo Horizonte: Tradição Planalto, 2010.

TRICART, J. *Ecodinâmica*. Rio de Janeiro: IBGE, 1977. Disponível em: <http://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/monografias/GEBIS%20-%20RJ/ecodinamica.pdf>. Acesso em: 13 nov. de 2015.

TROMPETTE, R. R., et al. O Cráton Brasileiro do São Francisco – Uma revisão. In.: *Revista Brasileira de Geociências*. São Paulo, 22(4):481-486, dezembro de 1992.

TROPMAIR, H. Ecologia da paisagem: uma retrospectiva. *Anais do I Fórum de Debates Ecologia da Paisagem e Planejamento Ambiental*. Rio Claro: Unesp, 2000a. Disponível em <http://www.seb-ecologia.org.br/forum/art24.htm>. Acesso em: 01 dez. de 2015.

TROPMAIR, H. *Geossistemas e Geossistemas paulistas*. Rio Claro, 2000b.

TROPMAIR, H; GALINA, M. H. Geossistemas. In.: *Mercator – Revista de Geografia da UFC (Universidade Federal do Ceará)*. Fortaleza, v.5, n. 10, p. 79-88, 2006.

UHLEIN, A., TROMPETTE, R. & EGYDIO-SILVA, M. Rifteamentos superpostos e tectônica de Inversão na borda sudeste do Cráton Do São Francisco. In.: *Geonomos* 3 (1): 99-107, 1995.

ZEE-MG (a), Zoneamento Ecológico-Econômico de Minas Gerais. *Shapefile do Mapeamento da Cobertura Vegetal 2009*. Produzido pelo Instituto Estadual de Florestas de Minas Gerais (IEF), 2009. Escala original: 1:65.000. Disponível em: <http://geosisemanet.meioambiente.mg.gov.br/zee/>. Acesso em: jan. de 2016.

ZEE-MG (b), Zoneamento Ecológico-Econômico de Minas Gerais. Shapefile das curvas de nível no estado de Minas Gerais. Produzidas pelo Departamento de Serviço Geográfico do Exército Brasileiro (DSG) e pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). Escalas originais: 1:100.000 e 1:50.000. Disponível em: <http://geosisemanet.meioambiente.mg.gov.br/zee/>. Acesso em: jan. de 2016.

APÊNDICES

Figura 39 – Ampliação: Visada NNW do Ponto de Controle 04 (18,28° S e 44,04° W).



Fonte: Elaborada pelo autor, 19/06/2015.

Figura 40 – Ampliação: Visada ESE do Ponto de Controle 05 (18,29° S e 43,84° W).



Fonte: Elaborada pelo autor, 19/06/2015.

Figura 41 – Ampliação: Mapa litológico da área de estudo.

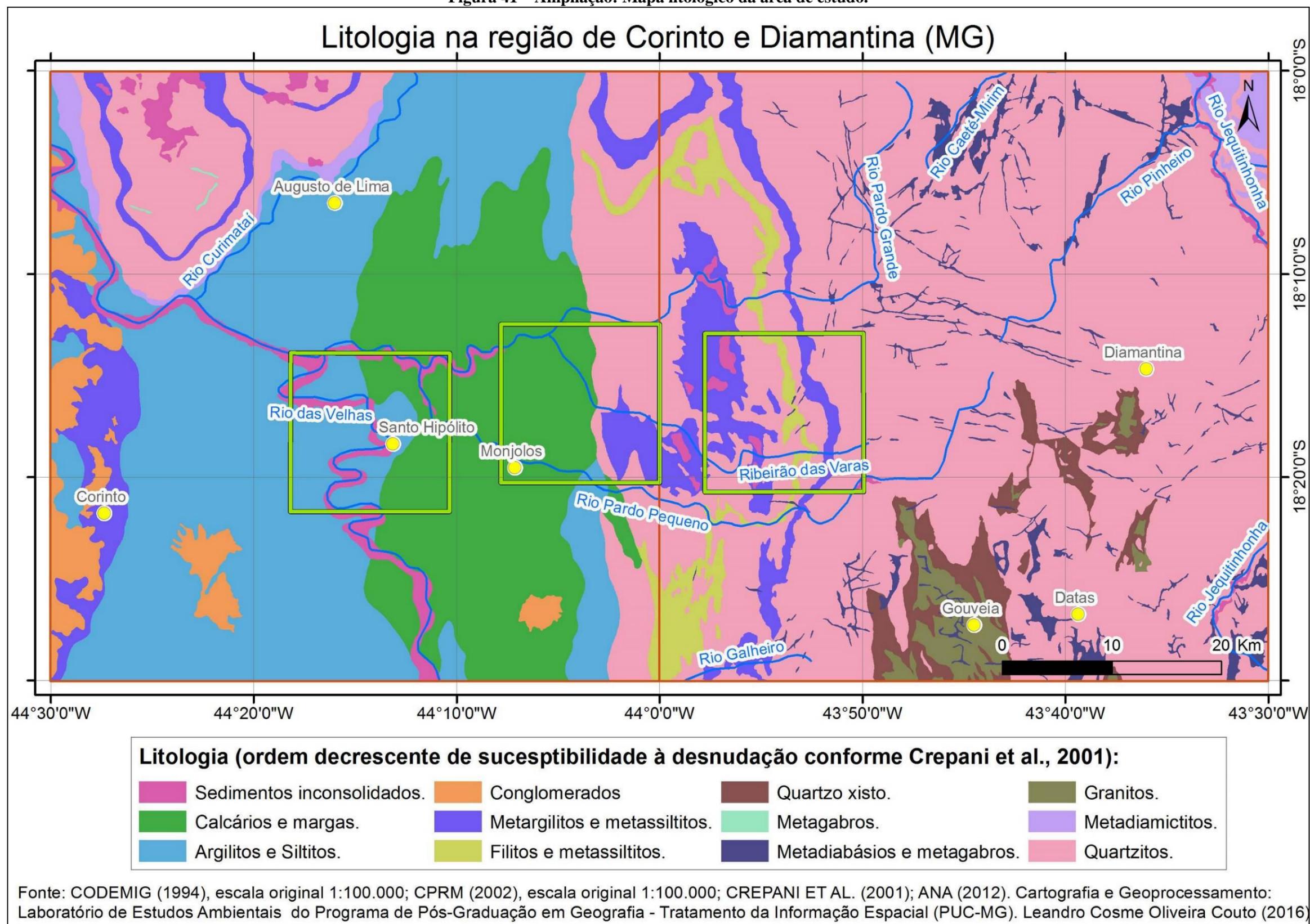


Figura 42 – Ampliação: Mapa hipsométrico da área de estudo.

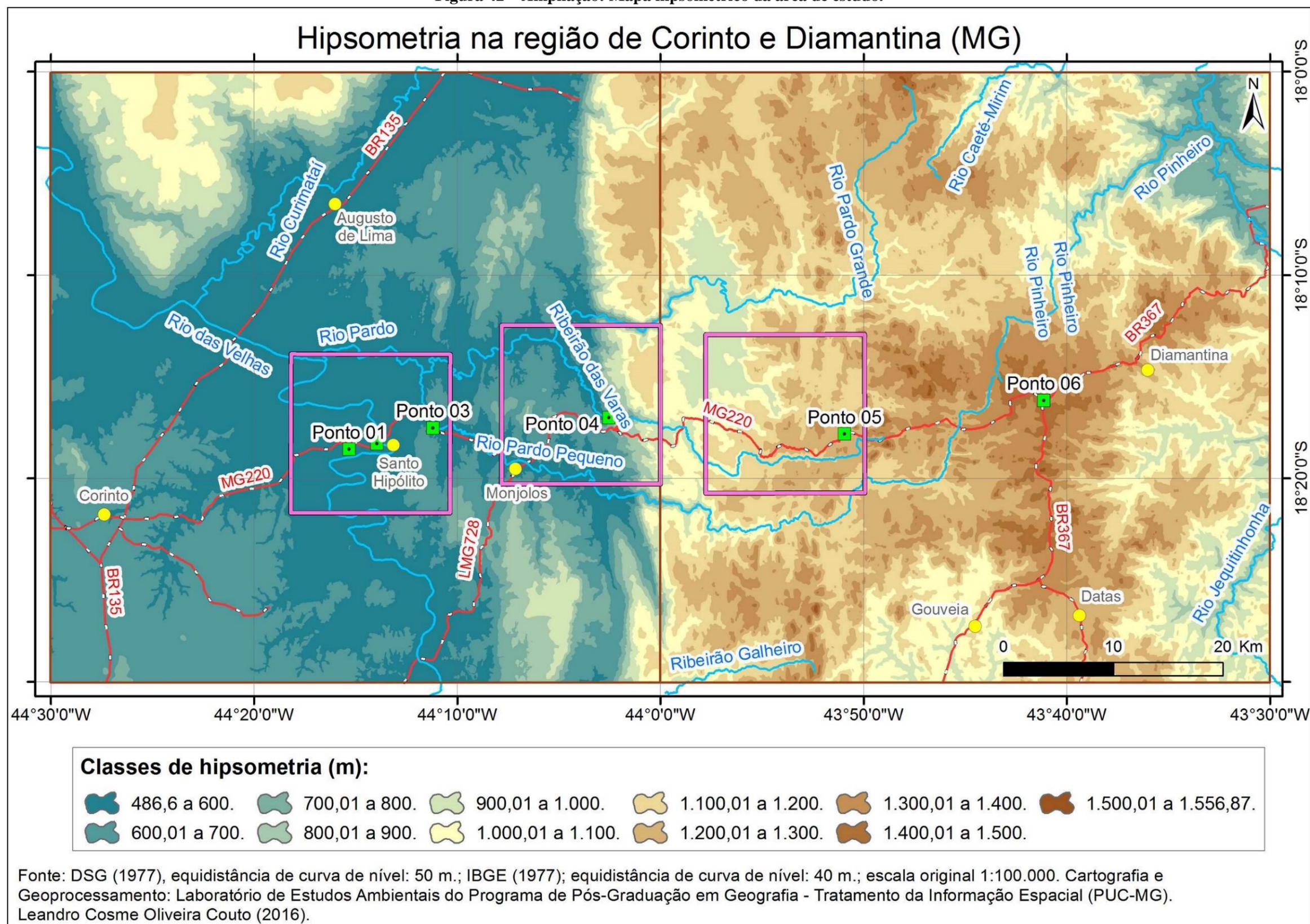


Figura 43 – Ampliação: Mapa de declividade na área de estudo.

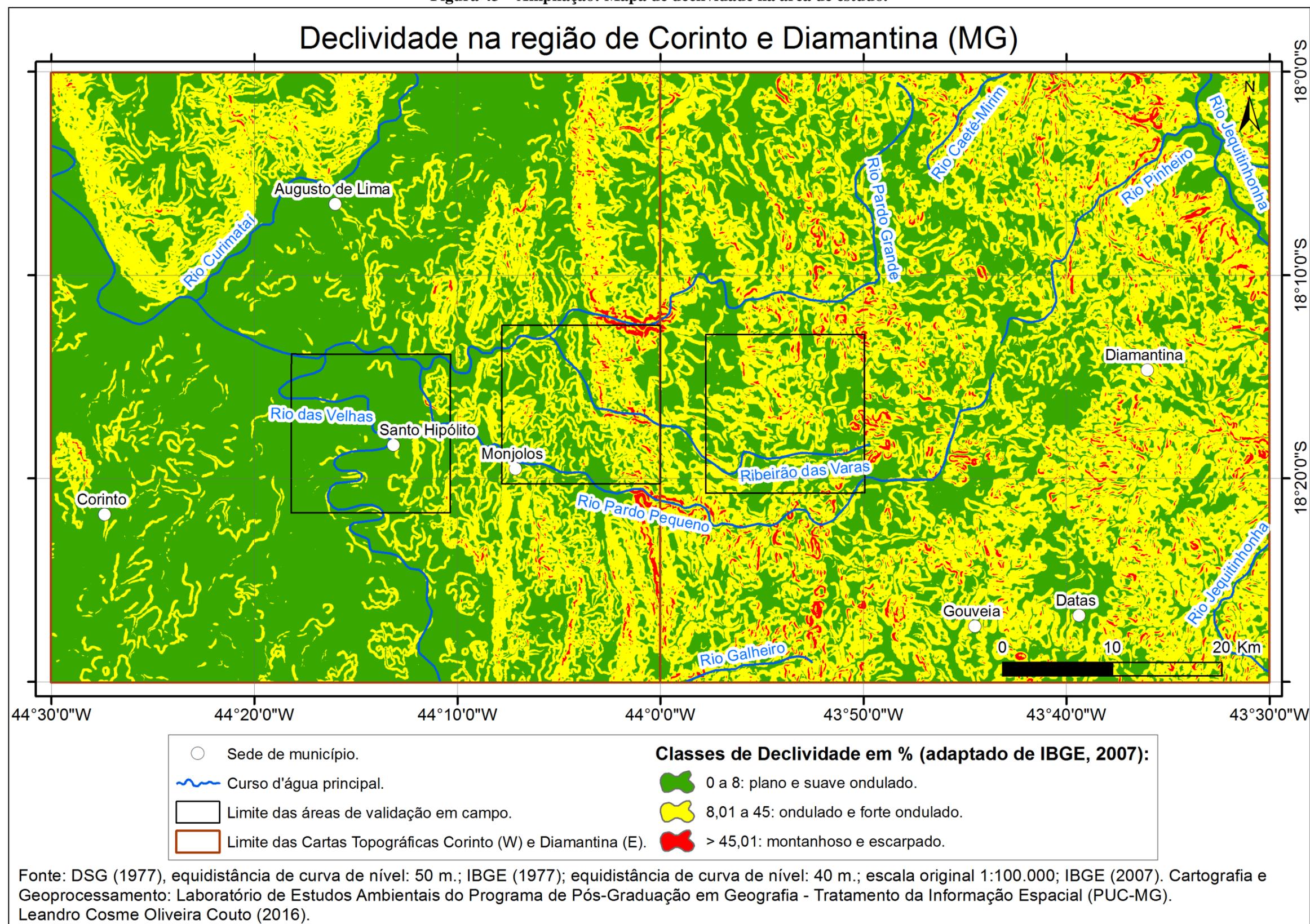


Figura 44 – Ampliação: Mapa da rugosidade topográfica da área de estudo.

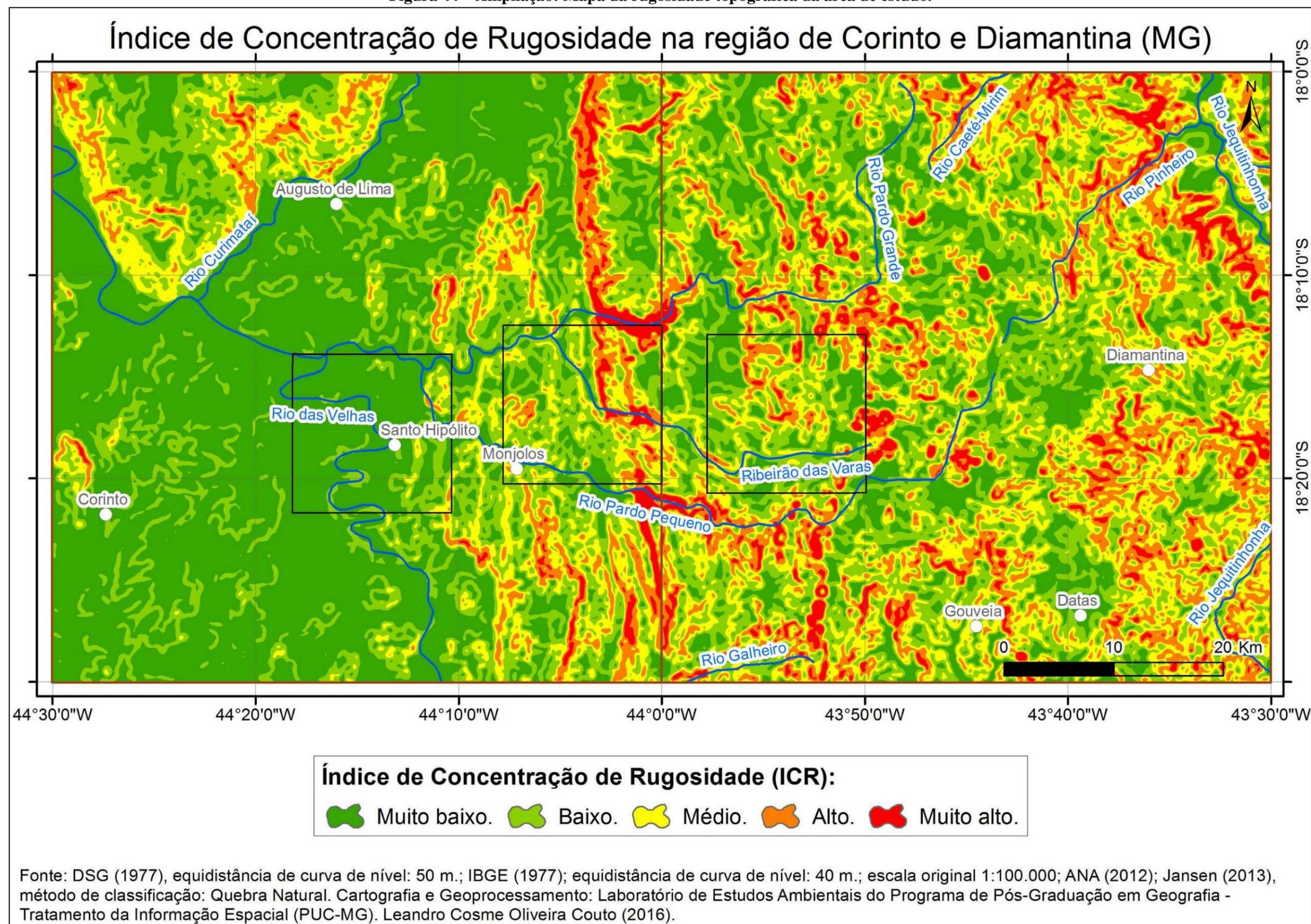


Figura 45 – Ampliação: Mapa do potencial espeleológico na área de estudo.

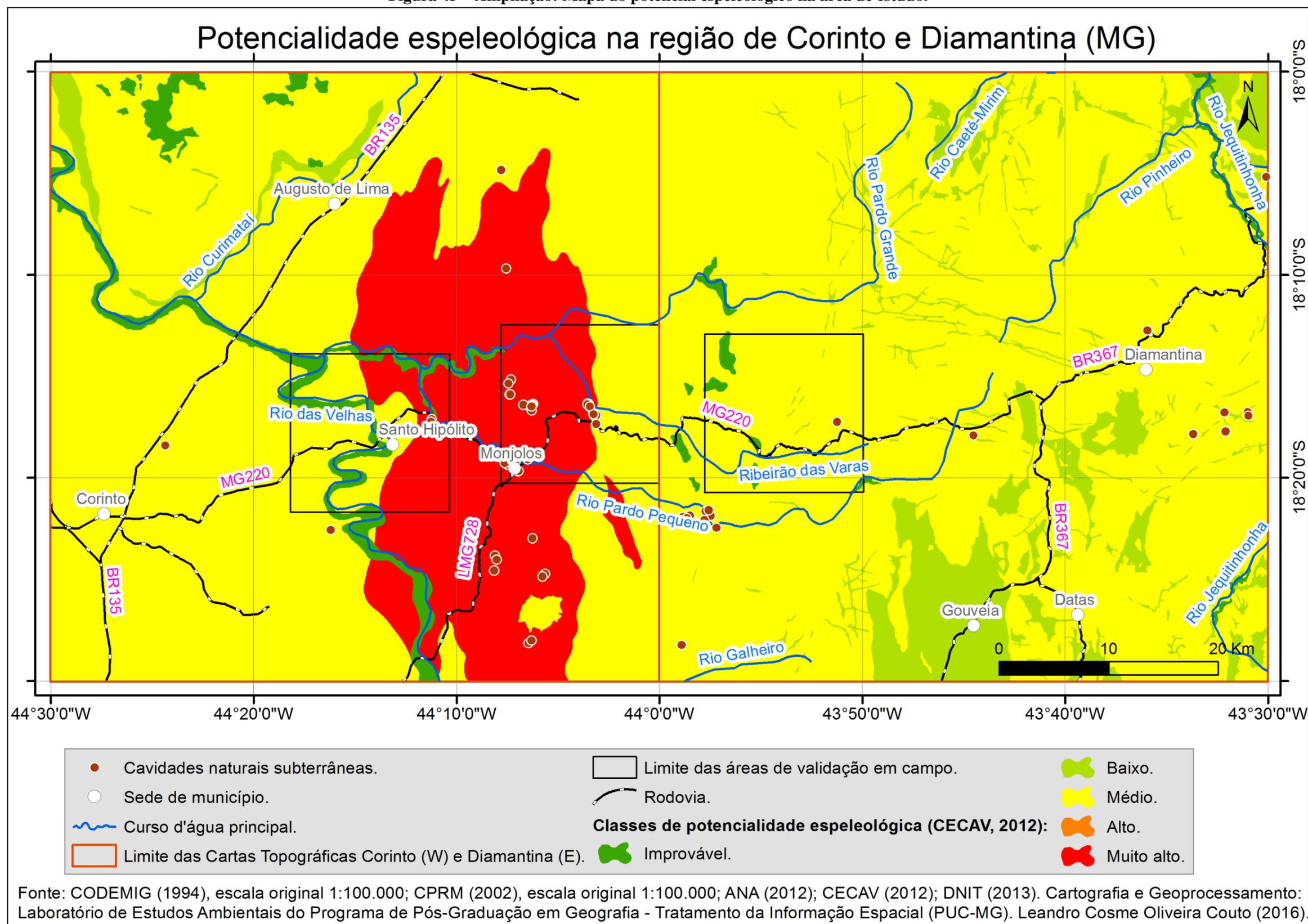


Figura 46 – Ampliação: Mapa da cobertura pedológica na área de estudo.

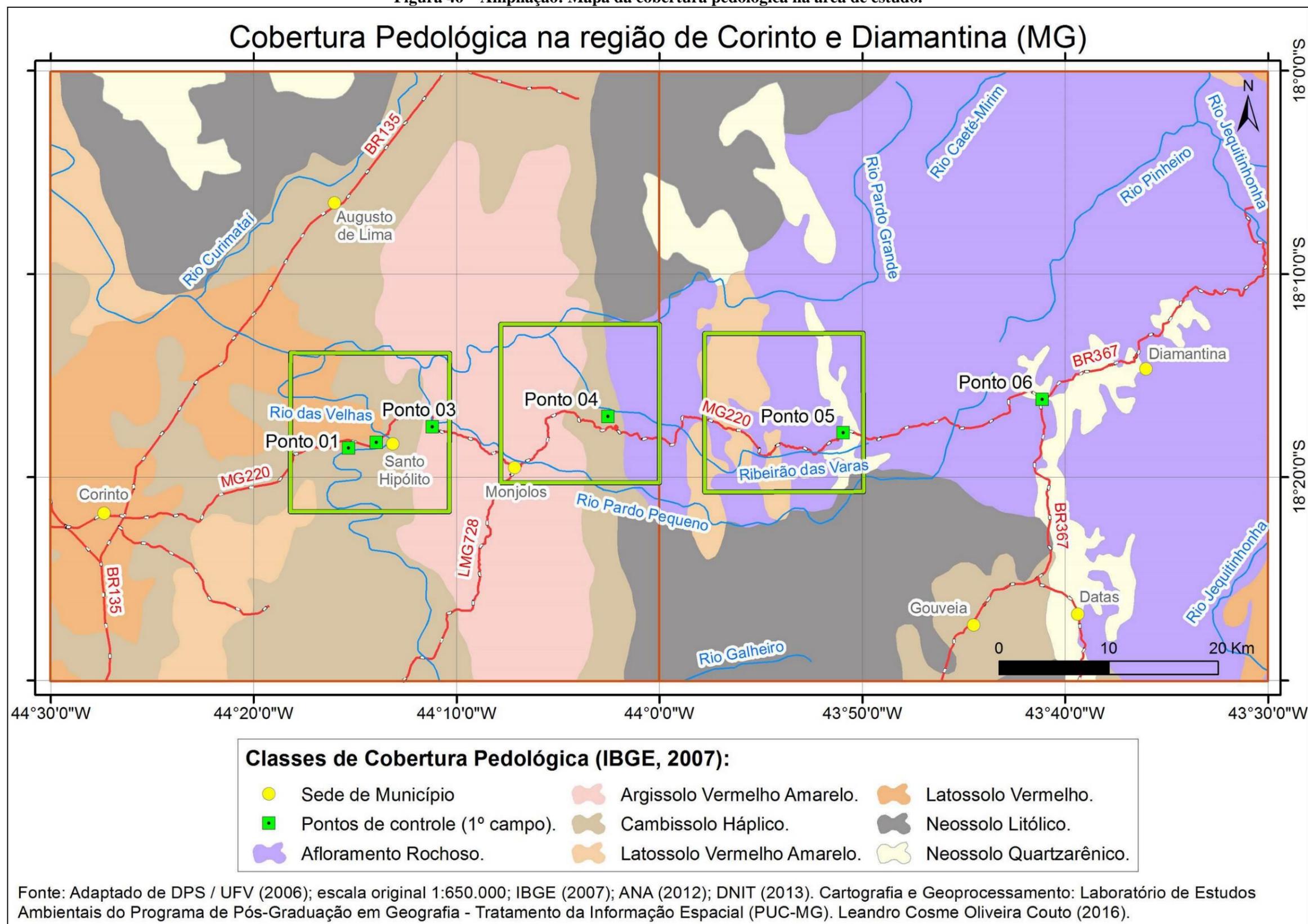


Figura 47 – Ampliação: Mapa da cobertura vegetal na área de estudo.

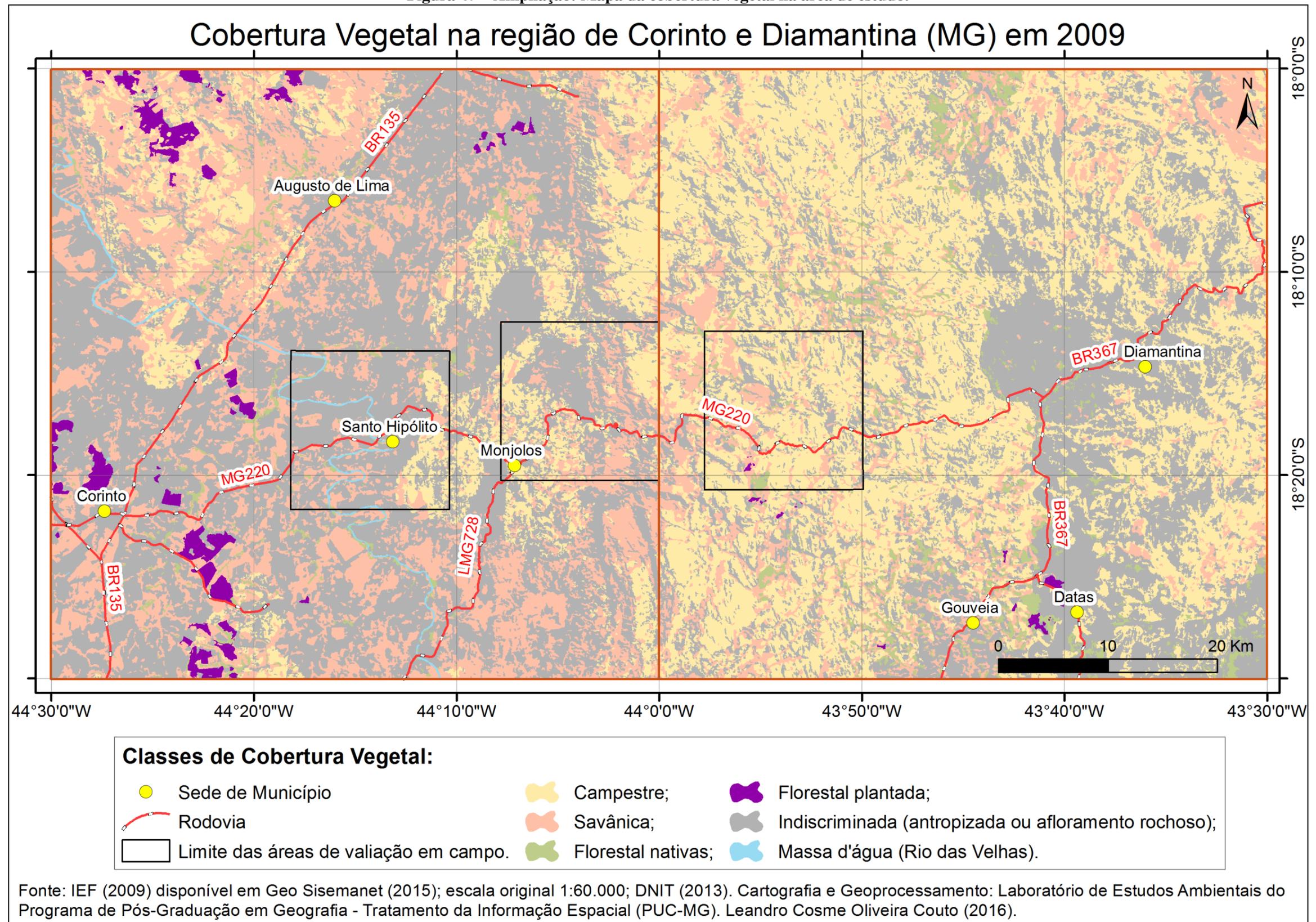


Figura 48 – Ampliação: Mapa da cobertura vegetal na área de validação de campo.

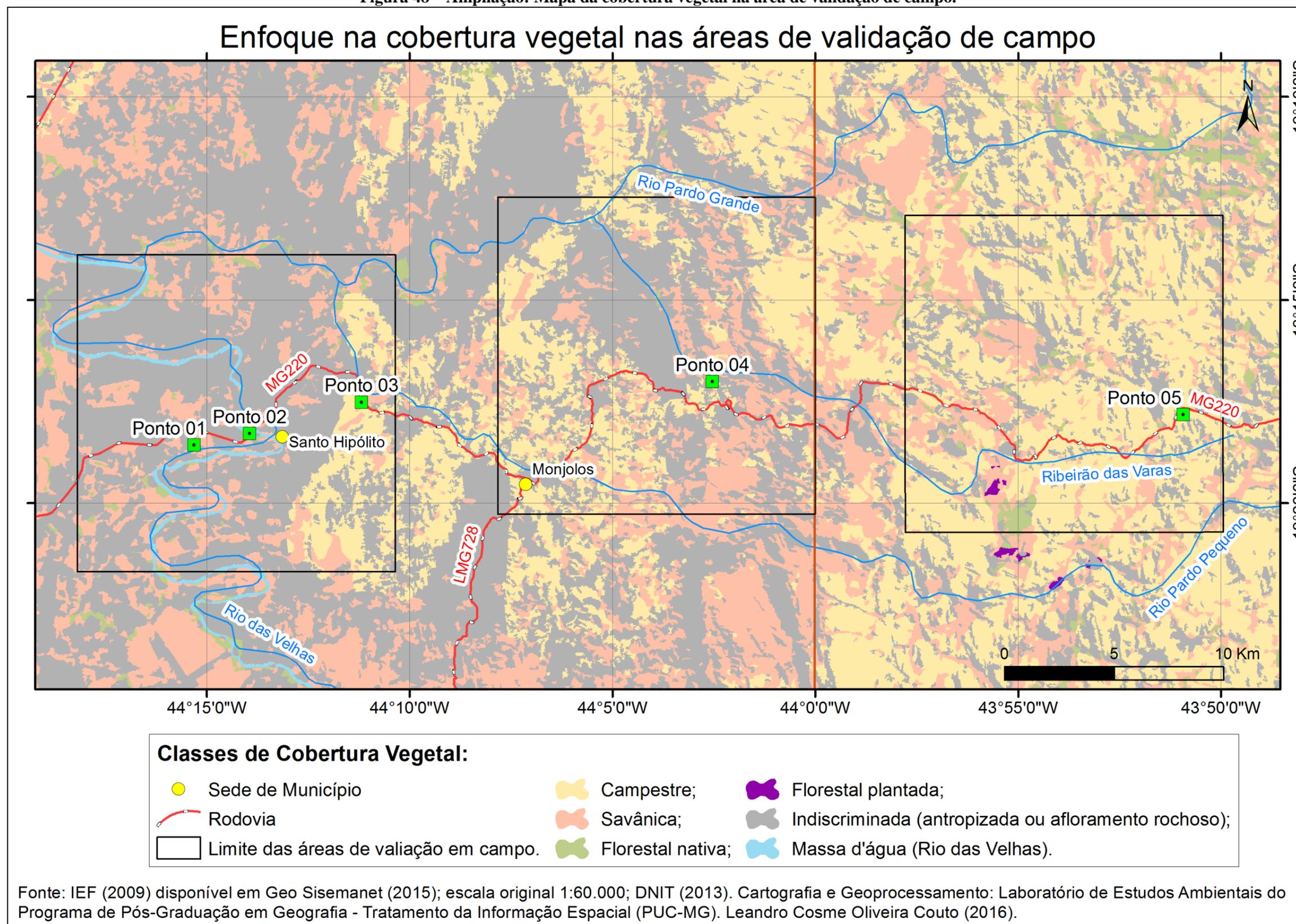


Figura 49 – Ampliação: Mapa dos transectos nas áreas de validação de campo.

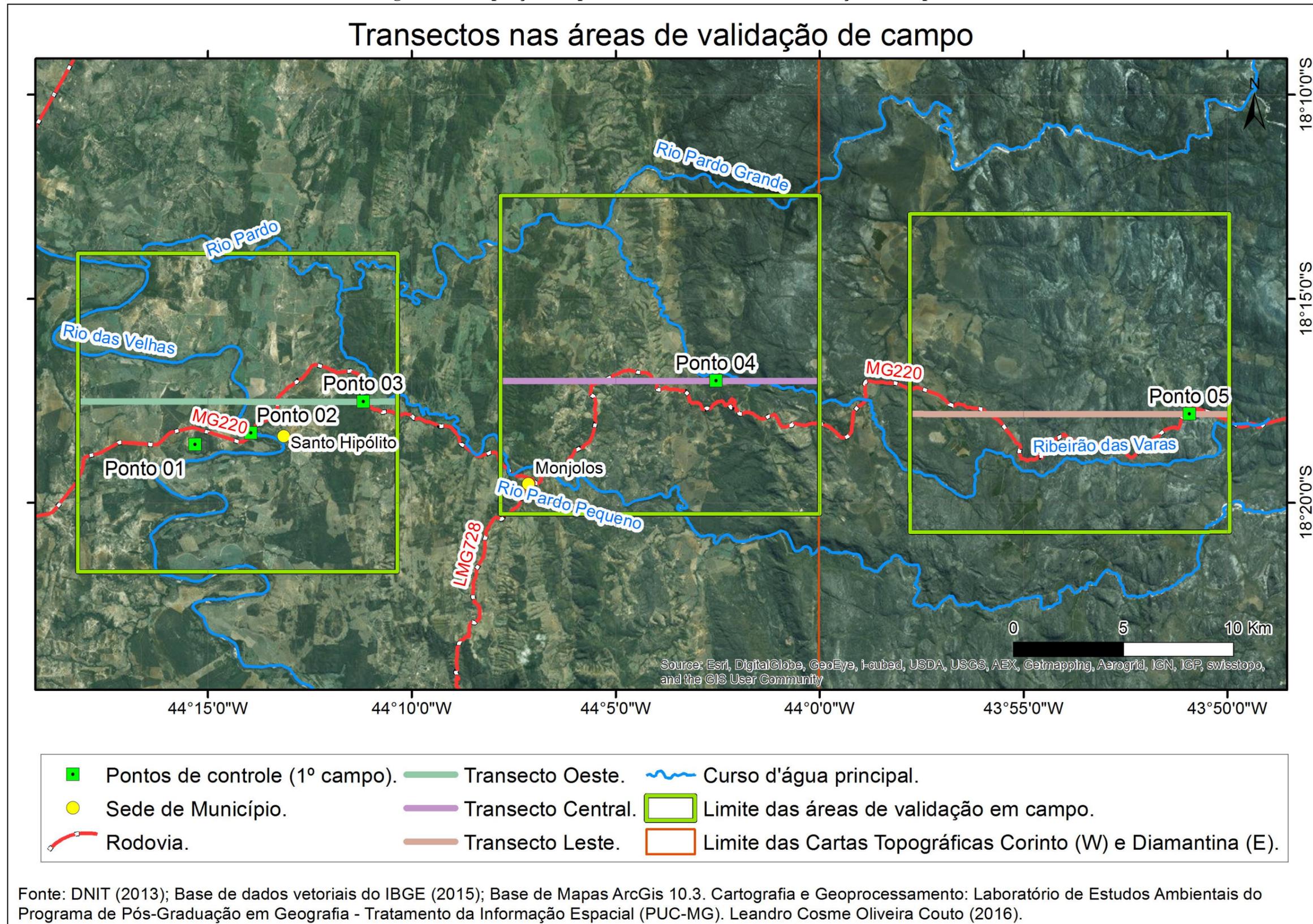
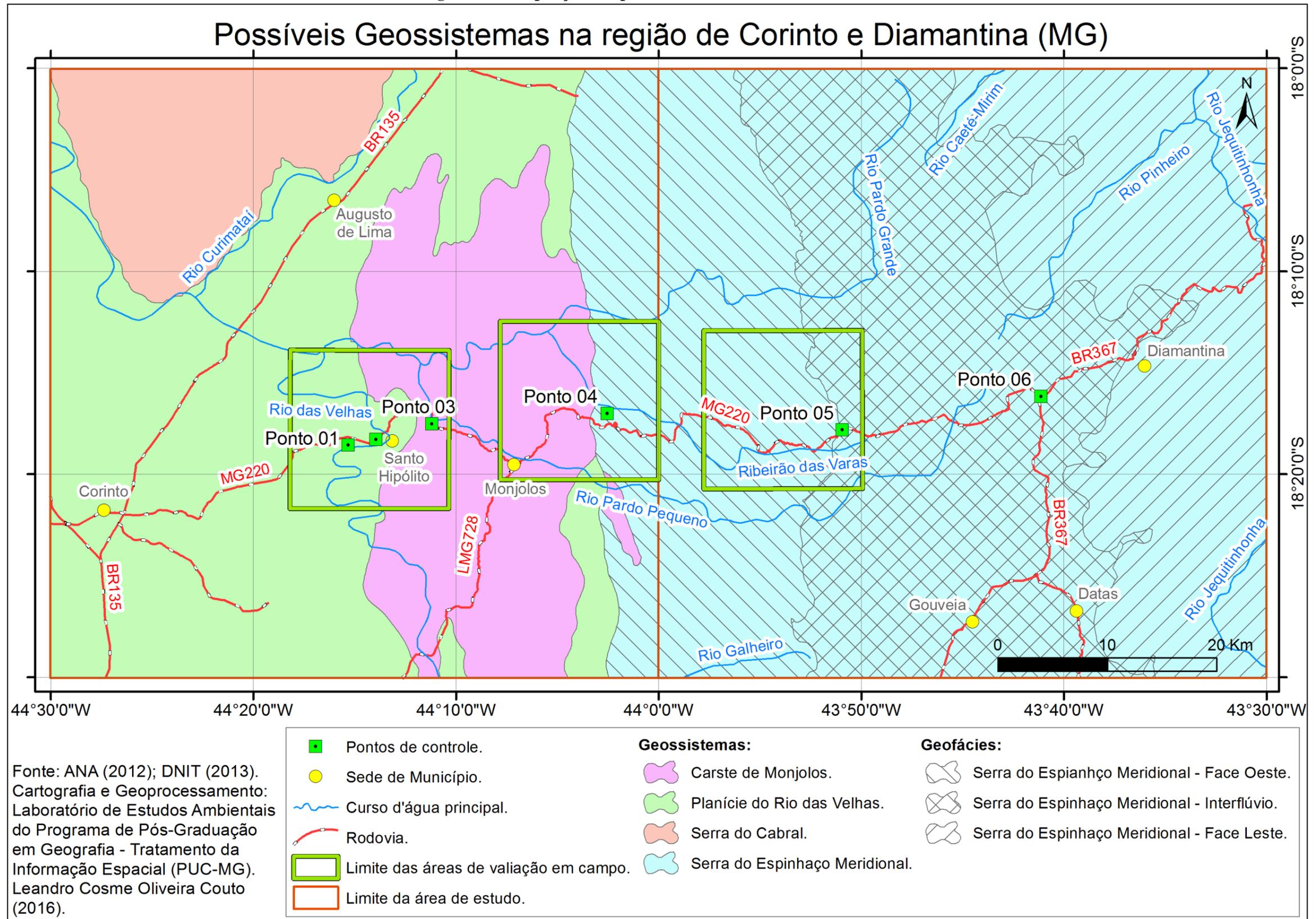


Figura 50 – Ampliação: Mapa de Geossistemas na área de estudo.



Fonte: Elaborada pelo autor.

Figura 51 – Ampliação: Mapa do modelo morfodinâmico na área de estudo.

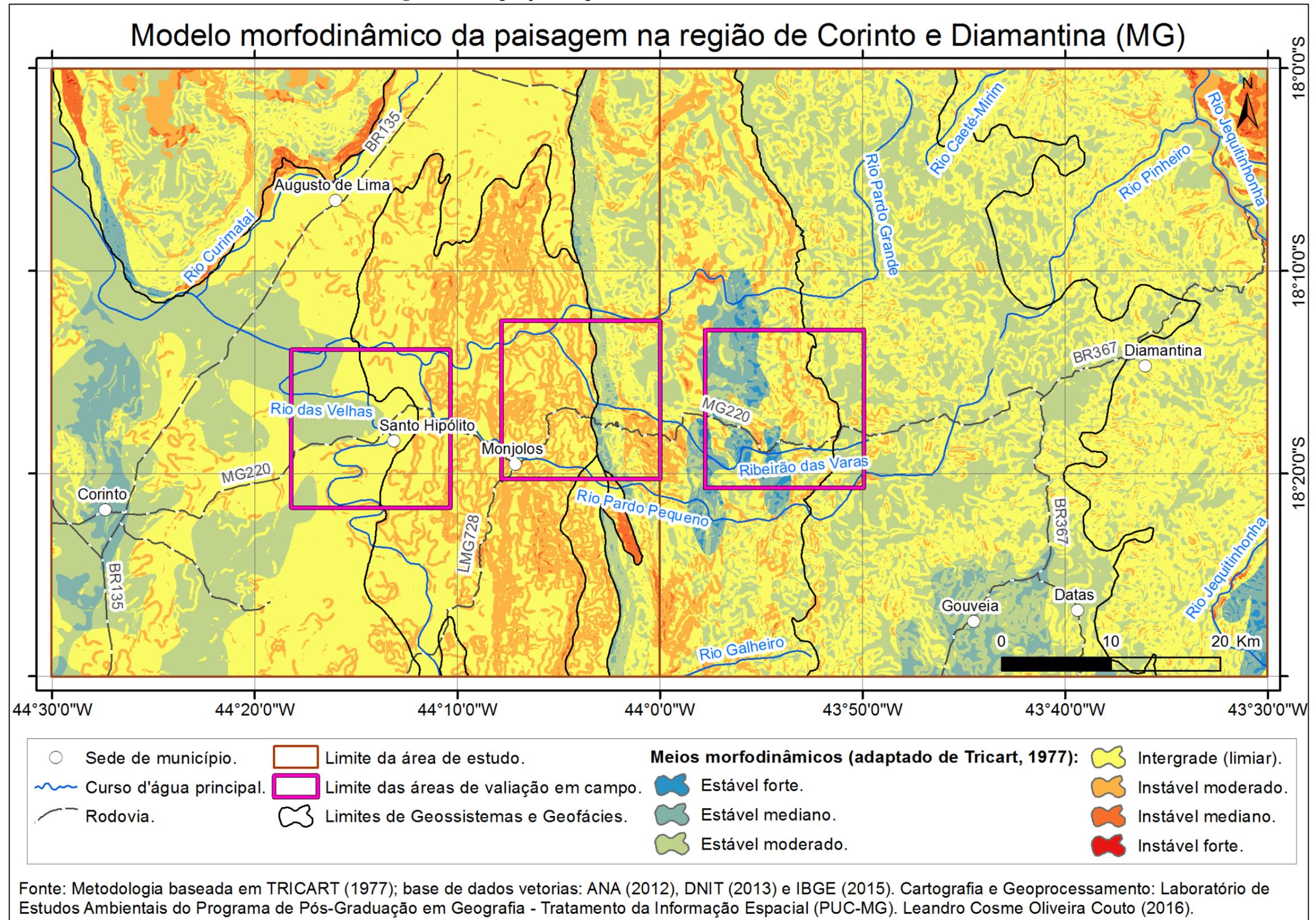


Figura 52 – Ampliação: Mapa de vulnerabilidade natural à perda de solo na área de estudo.

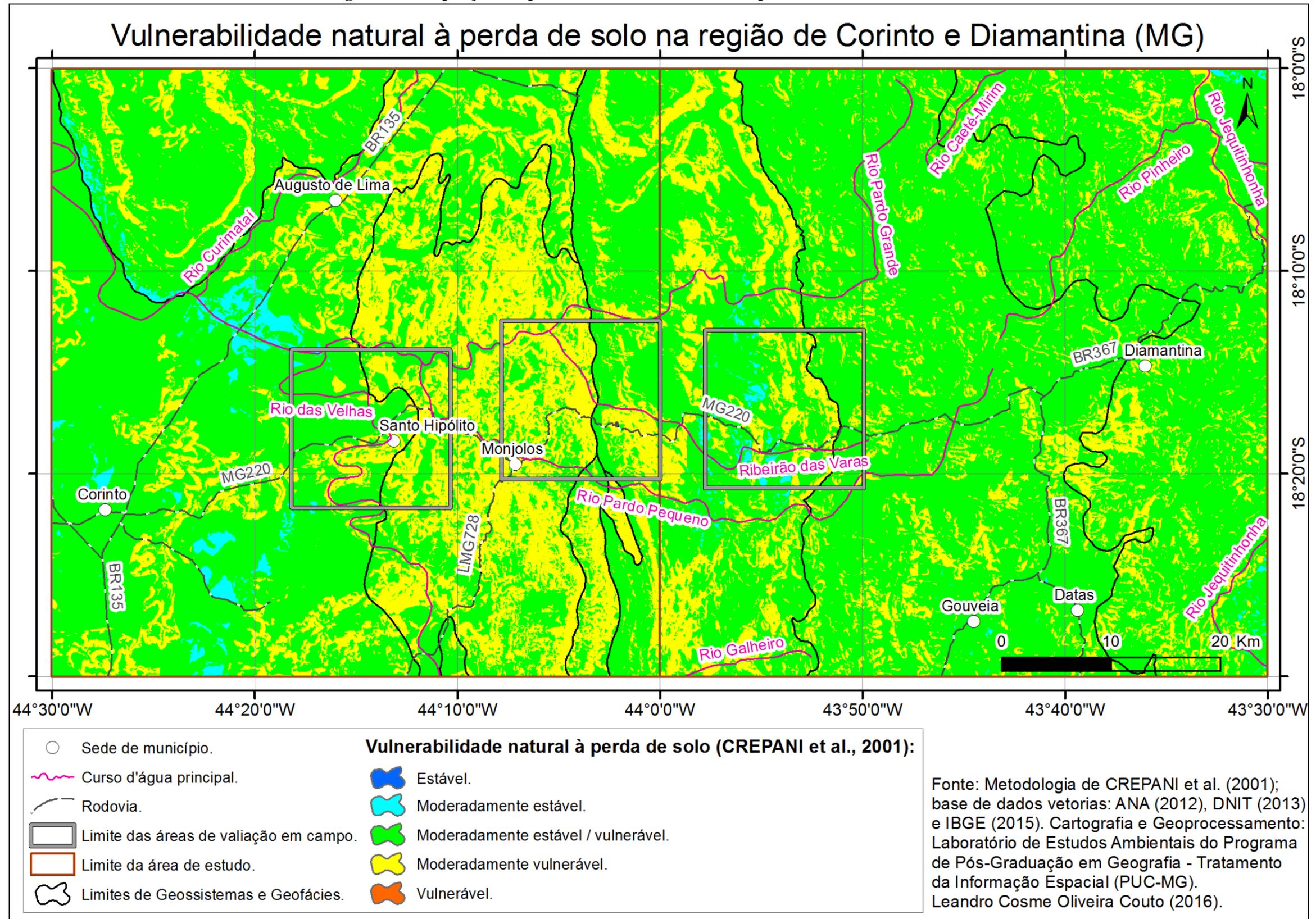


Figura 53 – Ampliação: Mapa de Vulnerabilidade Natural na área de estudo.

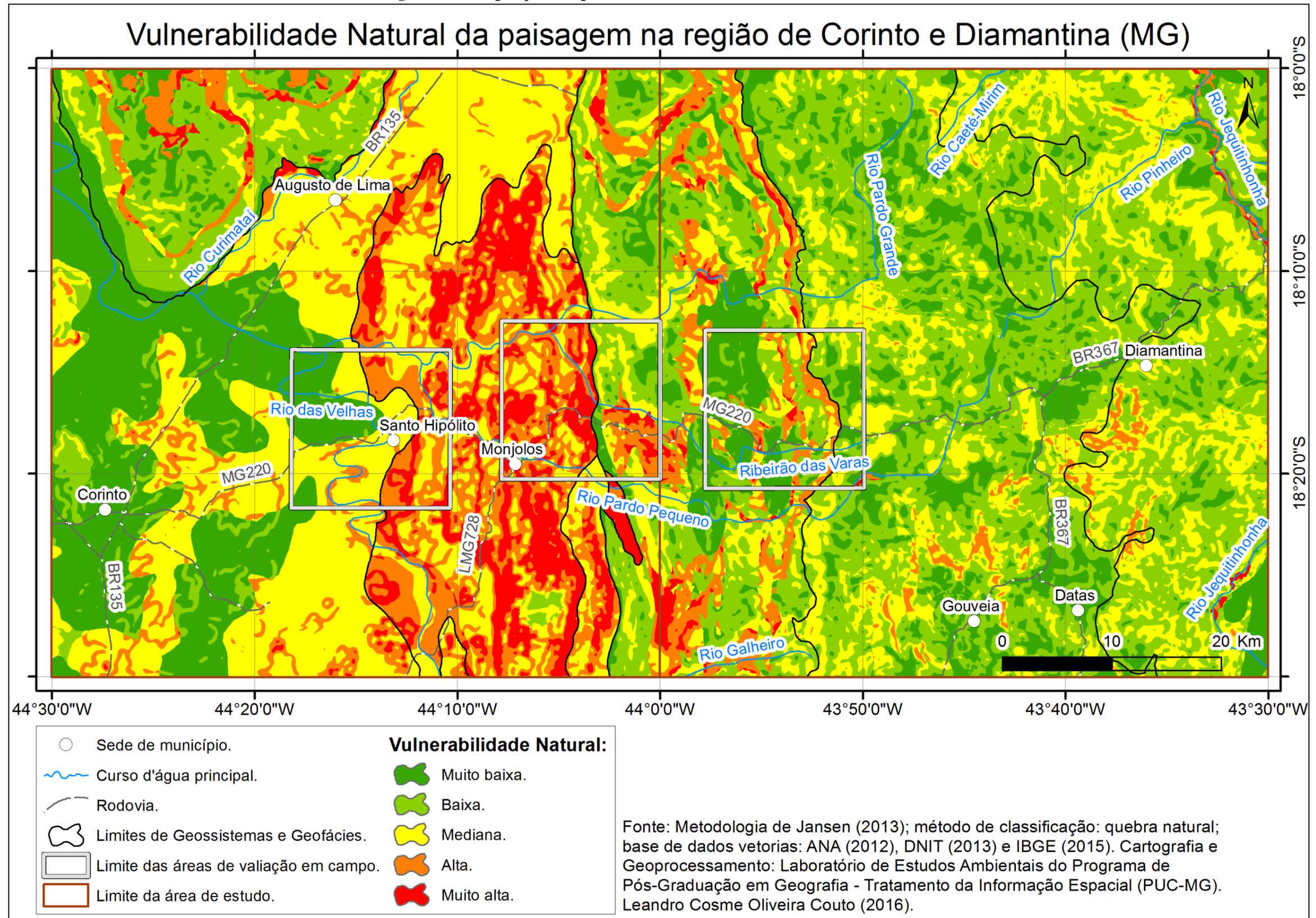
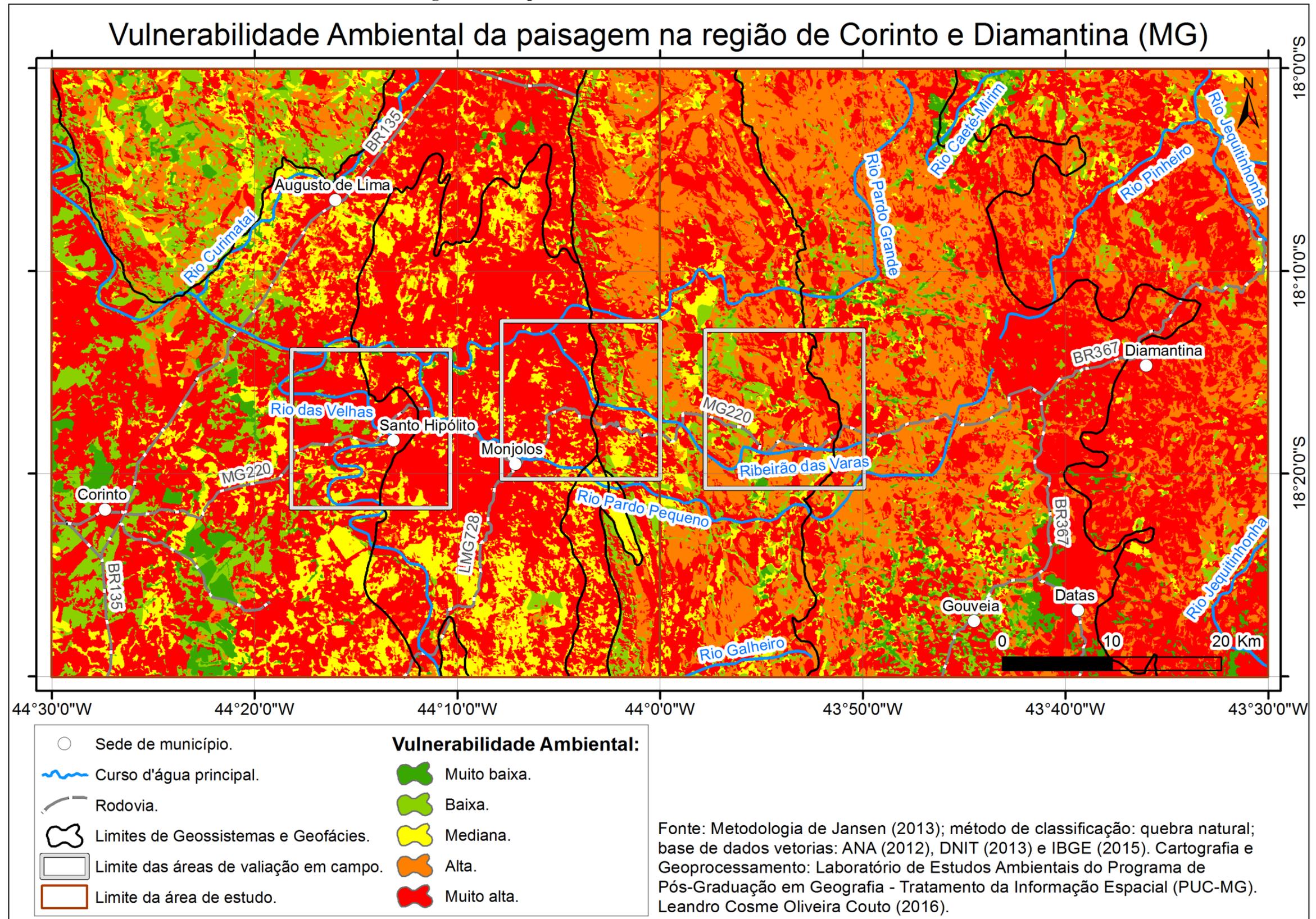


Figura 54 – Mapa de Vulnerabilidade Ambiental na área de estudo.



Fonte: Elaborada pelo autor.