UNIVERSIDADE ESTADUAL DO OESTE DO PARANÁ
***CAMPUS* DE MARECHAL CÂNDIDO RONDON**
CENTRO DE CIÊNCIAS HUMANAS, EDUCAÇÃO E LETRAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOGRAFIA

BRUNO APARECIDO DA SILVA

MAPEAMENTO CONVENCIONAL E DIGITAL DE SOLOS NA FOLHA TOPOGRÁFICA DE MARECHAL CÂNDIDO RONDON – PR - BRASIL

MARECHAL CÂNDIDO RONDON – PR
2017

UNIVERSIDADE ESTADUAL DO OESTE DO PARANÁ
***CAMPUS* DE MARECHAL CÂNDIDO RONDON**
CENTRO DE CIÊNCIAS HUMANAS, EDUCAÇÃO E LETRAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOGRAFIA

BRUNO APARECIDO DA SILVA

MAPEAMENTO CONVENCIONAL E DIGITAL DE SOLOS NA FOLHA TOPOGRÁFICA DE MARECHAL CÂNDIDO RONDON – PR - BRASIL

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Geografia da Universidade Estadual do Oeste do Paraná, *Campus* de M.C. Rondon como condição obrigatória para obtenção do título de Mestre em Geografia.

Orientador: Professor Dr. Ericson Hideki Hayakawa.
Co-orientadora: Professora Dra. Vanda Moreira Martins.

MARECHAL CÂNDIDO RONDON – PR
2017

Dados Internacionais de Catalogação-na-Publicação (CIP)
(Biblioteca da UNIOESTE – Campus de Marechal Cândido Rondon – PR., Brasil)

S586m Silva, Bruno Aparecido da
Mapeamento convencional e digital de solos na folha topográfica de Marechal Cândido Rondon – PR - Brasil / Bruno Aparecido da Silva. – Marechal Cândido Rondon, 2017.
92 f

Orientador: Dr. Ericson Hideki Hayakawa
Coorientadora: Drª. Vanda Moreira Martins

Dissertação (Mestrado em Geografia) - Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Campus de Marechal Cândido Rondon, 2017.

1. Mapeamento geomorfológico – Marechal Cândido Rondon. 2. Solos – Marechal Cândido Rondon. 3. Sistema de informação geográfica. I. Hayakawa, Ericson Hideki. II. Martins, Vanda Moreira. III. Título.

CDD 22.ed. 621.3678
526.1
CIP-NBR 12899

Ficha catalográfica elaborada por Marcia Elisa Sbaraini-Leitzke CRB-9/539

unioeste
Universidade Estadual do Oeste do Paraná
Campus de Marechal Cândido Rondon - CNPJ 78680337/0003-46
Rua Pernambuco, 1777 - Centro - Cx. P. 91 - http://www.unioeste.br
Fone: (45) 3284-7878 - Fax: (45) 3284-7879 - CEP 85960-000
Marechal Cândido Rondon - PR.

PARANÁ
GOVERNO DO ESTADO

Programa de Pos-Graduaçao em Geografia

ATA DA DEFESA PUBLICA DA DISSERTAÇAO DE MESTRADO DE BRUNO APARECIDO DA SILVA, ALUNO(A) DO PROGRAMA DE POS-GRADUAÇAO EM GEOGRAFIA DA UNIVERSIDADE ESTADUAL DO OESTE DO PARANA - UNIOESTE, E DE ACORDO COM A RESOLUÇAO DO PROGRAMA E O REGIMENTO GERAL DA UNIOESTE.

Ao(s) 4 dia(s) do mês de abril de 2017 às 14h00min, no(a) Unioeste - Campus de Marechal Cândido Rondon, realizou-se a sessão pública da Defesa de Dissertação do(a) candidato(a) Bruno Aparecido da Silva, aluno(a) do Programa de Pós-Graduação em Geografia - nível de Mestrado, na área de concentração em Espaço de Fronteira: Território e Ambiente. A comissão examinadora da Defesa Pública foi aprovada pelo Colegiado do Programa de Pós-Graduação em Geografia. Integraram a referida Comissão os(as) Professores(as) Doutores(as): Jose Edezio da Cunha, Leonardo José Cordeiro Santos, Ericson Hideki Hayakawa, Eduardo Souza de Morais. Os trabalhos foram presididos pelo(a) Ericson Hideki Hayakawa, orientador(a) do(a) candidato(a). Tendo satisfeito todos os requisitos exigidos pela legislação em vigor, o(a) candidato(a) foi admitido(a) à Defesa de DISSERTAÇAO DE MESTRADO, intitulada: "Mapeamento Convencional e Digital de Solos na Folha Topográfica de Marechal Cândido Rondon - PR - BR". O(a) Senhor(a) Presidente declarou abertos os trabalhos, e em seguida, convidou o(a) candidato(a) a discorrer, em linhas gerais, sobre o conteúdo da Dissertação. Feita a explanação, o(a) candidato(a) foi arguido(a) sucessivamente, pelos(as) professores(as) doutores(as): Jose Edezio da Cunha, Leonardo José Cordeiro Santos, Eduardo Souza de Morais. Findas as arguições, o(a) Senhor(a) Presidente suspendeu os trabalhos da sessão pública, a fim de que, em sessão secreta, a Comissão expressasse o seu julgamento sobre a Dissertação. Efetuado o julgamento, o(a) candidato(a) foi **aprovado(a)**. O(A) CANDIDATO(A) FARA JUS AO TITULO DE MESTRE(A) EM GEOGRAFIA APOS CUMPRIR TODOS OS REQUISITOS DO REGULAMENTO DO PROGRAMA DE POS-GRADUAÇAO EM GEOGRAFIA. A seguir, o(a) Senhor(a) Presidente reabriu os trabalhos da sessão pública e deu conhecimento do resultado. E, para constar, o (a) Coordenador(a) do Programa de Pós-Graduação em Geografia, da Universidade Estadual do Oeste do Paraná – UNIOESTE - Campus de Marechal Cândido Rondon, lavra a presente ata, e assina juntamente com os membros da Comissão Examinadora e o(a) candidato(a).
Em tempo, Salientando que o Prof. Dr. Leonardo José Cordeiro Santos, encontra-se em Curitiba - PR e participou da arguição do aluno via Skype e sua avaliação segue em anexo.

Orientador(a) - Ericson Hideki Hayakawa
Universidade Estadual do Oeste do Paraná - Campus de Marechal Cândido Rondon

Jose Edezio da Cunha
Universidade Estadual do Oeste do Paraná - Campus de Marechal Cândido Rondon

unioeste
Universidade Estadual do Oeste do Paraná
Campus de Marechal Cândido Rondon - CNPJ 78680337/0003-46
Rua Pernambuco, 1777 - Centro - Cx. P. 91 - http://www.unioeste.br
Fone: (45) 3284-7878 - Fax: (45) 3284-7879 - CEP 85960-000
Marechal Cândido Rondon - PR.

PARANÁ
GOVERNO DO ESTADO

Programa de Pos-Graduação em Geografia

ATA DA DEFESA PUBLICA DA DISSERTAÇAO DE MESTRADO DE BRUNO APARECIDO DA SILVA, ALUNO(A) DO PROGRAMA DE POS-GRADUAÇAO EM GEOGRAFIA DA UNIVERSIDADE ESTADUAL DO OESTE DO PARANA - UNIOESTE, E DE ACORDO COM A RESOLUÇAO DO PROGRAMA E O REGIMENTO GERAL DA UNIOESTE.

Eduardo Souza de Morais
Universidade Estadual de Maringá (UEM)

Leonardo José Cordeiro Santos
Universidade Federal do Parana (UFPR)

Bruno Aparecido da Silva
Candidato(a)

Coordenador(a) do Programa de Pós-Graduação em Geografia

DECLARAÇÃO DE PARTICIPAÇÃO EM BANCA DE DEFESA

Eu, **Leonardo José Cordeiro Santos,** professor permanente do Programa de Pós-Graduação em Geografia, da Universidade Federal do Paraná - UFPR, declaro que nesta data estou em Curitiba - PR e que participei via Skype da Defesa Pública de Dissertação do pós-graduando Bruno Aparecido da Silva, que apresentou o trabalho intitulado "Mapeamento Convencional e Digital de Solos na Folha Topográfica de Marechal Cândido Rondon - PR - BR", como requisito para a obtenção do grau de Mestre em Geografia no Programa de Pós-Graduação em Geografia - Mestrado da UNIOESTE, Campus de Marechal Cândido Rondon. Eu considero o trabalho APROVADO.

Marechal Cândido Rondon/ PR, 04 de abril de 2017.

Leonardo José Cordeiro Santos
Membro da Banca

AGRADECIMENTOS

À Capes pela concessão da bolsa de estudos.
À Universidade Estadual do Oeste do Paraná pela oportunidade de realização desta pesquisa.
Ao Professor Doutor Ericson Hideki Hayakawa, orientador desta pesquisa.
À Professora Doutora Vanda Moreira Martins, co-orientadora e que sempre auxiliou nos trabalhos de campo.
Ao Professor Doutor José Edézio da Cunha pelo auxílio nos trabalhos de campo e amadurecimento das ideias.
À Professora Doutora Márcia Regina Calegari pelo auxílio no amadurecimento das ideias.
Ao Doutor Marcos Adami.
À Mestre Luciane Marcolin pela disponibilização de informações.
Aos colegas: Mestre Michele Danzer, PhD Rodrigo Santana Macedo, Geógrafas Soraya Brem e Luciane Mosconi, aos Geógrafos Rafael e Marcelo pela ajuda nos trabalhos de campo e ao Altair Bennert pelo auxílio na preparação das amostras de solos.
Agradeço a todos que direta ou indiretamente contribuíram para a realização desta pesquisa.
À minha família.
A Deus, que me capacitou para desenvolver esta pesquisa.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Mapa de localização da área de estudo..... 32
Figura 2 - Mapa temático do uso e cobertura do solo da área de estudo..... 36
Figura 3 - Fluxograma da pesquisa..... 38
Figura 4 - Representação das unidades de mapeamento de um setor da área de estudo..... 40
Figura 5 - Representação temática dos atributos primários..... 43
Figura 6 - Representação temática dos atributos secundários..... 44
Figura 7 – Mapa Convencional de Solos da área de estudo..... 49
Figura 8 - Mapa altimétrico da área de estudo..... 52
Figura 9 - Mapa de declividade da área de estudo..... 54
Figura 10 - Mapa de curvatura do terreno da área de estudo..... 56
Figura 11 - Mapa de índice de capacidade de transporte de sedimentos..... 58
Figura 12 - Mapa de índice topográfico de umidade..... 59
Figura 13 - Mapa Digital de Solos da área de estudo..... 61
Figura 14 - Perfil de Neossolo Regolítico..... 80
Figura 15 - Perfil de Nitossolo Vermelho..... 81
Figura 16 - Perfil de Latossolo Vermelho..... 82
Figura 17 - Perfil de Neossolo Litólico..... 83
Figura 18 – Perfil de Cambissolo Háplico..... 85
Figura 19 - Perfil de Gleissolo Háplico..... 86
Figura 20- Amostras de horizonte classificado como Neossolo Flúvico..... 87

LISTA DE TABELAS E QUADROS

Tabela 1 – Principais processos pedogenéticos atuantes na formação dos solos na área do estudo..... 18
Tabela 2 – Relação da área de solos mapeadas no Brasil..... 21
Tabela 3 – Caracterização dos níveis, escalas, objetivos e métodos dos levantamentos de solos adotados no Brasil..... 23
Tabela 4 - Vantagens de desvantagens entre o método Tradicional e o Digital de mapeamento de solos..... 30
Tabela 5 - Materiais utilizados para o desenvolvimento da pesquisa..... 39
Tabela 6 - Classes de declividade e suas respectivas denominações qualitativas..... 41
Tabela 7 – Equação utilizada para obter o ITU e suas respectivas classes..... 42
Tabela 8 - Equação utilizada para obter o ICTS e suas respectivas classes..... 45
Tabela 9 - Síntese das classes e pesos dos atributos topográficos cruzados..... 46
Tabela 10 - Matriz de erros referente ao Mapa Digital de Solos..... 47
Tabela 11 - Proporção da distribuição de cada classe mapeada..... 48
Tabela 12 - Relação entre a distribuição dos solos e os atributos topográficos do terreno..... 60
Tabela 13: Matriz de erros referente ao MCS e realidade de campo..... 63
Tabela 14: Matriz de erros referente ao MDS e realidade de campo..... 64
Tabela 15: Matriz de erros referente ao MDS e MCS..... 65
Tabela 16: Pontos para validação de campo..... 89

Quadro 1 - Percentual dos atributos topográficos primários em seus compartimentos..... 53
Quadro 2 - Percentual dos atributos topográficos secundários em seus compartimentos..... 55

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

BP3 – Bacia do Paraná 3
Cfa – Clima subtropical, verão quente
Cnepa – Centro Nacional de Ensino e Pesquisas Agronômicas
CTC – Capacidade de Troca de Cátions
CX – Cambissolo Háplico
EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
FAO – Organização das Nações Unidas para Agricultura e Alimentação
GNSS – Sistema de Navegação Global por Satélite
GPS- Sistema de Posicionamento Global
GX – Gleissolo Háplico
ICTS – Índice de Capacidade de Transporte de Sedimentos
IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
INPE – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais
ITU – Índice Topográfico de Umidade
JPEG – *Joint Photographics Experts Group*
LV – Latossolo Vermelho
MCS – Mapa Convencional de Solos
MDE- Modelo Digital de Elevação
MDS – Mapa Digital de Solos
MDT- Modelo Digital do Terreno
MNT- Modelo Numérico do Terreno
NV – Nitossolo Vermelho
RL – Neossolo Litólico
RR – Neossolo Regolítico
RY – Neossolo Flúvico
SIG- Sistemas de Informação Geográfica
SiBCS – Sistema Brasileiro de Classificação de Solos
Spring- Sistema de Processamento de Informações Georreferenciadas
SRTM – *Shuttle Radar Topography Mission*
UFRJ – Universidade Federal do Rio de Janeiro
UNESCO - Organização das Nações Unidas para Educação, Ciência e Cultura
USDA – Departamento de Agricultura dos Estados Unidos

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO..... 12
1 – REVISÃO BIBLIOGRÁFICA..... 14
1.1 – O SOLO E SUA RELAÇÃO COM O MEIO AMBIENTE..... 14
1.2 – LEVANTAMENTOS DE SOLOS NO BRASIL..... 19
1.3 – OS ATRIBUTOS DO RELEVO COMO PREDIÇÃO DA DISTRIBUIÇÃO DOS SOLOS NA PAISAGEM..... 24
1.4 – DIFERENTES ABORDAGENS EM MAPEAMENTO DE SOLOS..... 28
2 – ELEMENTOS FÍSICOS E GEOGRÁFICOS DA ÁREA DE ESTUDO..31
3 – MATERIAIS E PROCEDIMENTOS 38
3.1 – MAPAS PARA CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO..... 39
3.2 – ELABORAÇÃO DO MAPA CONVENCIONAL DE SOLOS..... 40
3.3 – ELABORAÇÃO DO MAPA DIGITAL DE SOLOS..... 41
3.3.1 – Atributos topográficos primários..... 42
3.3.2 – Atributos topográficos secundários..... 43
3.3.3 – Cruzamento entre os atributos topográficos..... 45
3.4 – VALIDAÇÃO DE CAMPO..... 46
4 - APRESENTAÇÃO E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS..... 48
4.1 – APRESENTAÇÃO DOS RESULTADOS..... 48
4.1.1 – Mapeamento Convencional de Solos..... 48
4.1.2 – Atributos topográficos primários e secundários..... 51
4.1.3 – Atributos topográficos e a distribuição das classes do MDS. 60
4.1.5 – Álgebra de mapas e validação de campo..... 63
4.2 - DISCUSSÃO DOS RESULTADOS..... 65
5 - CONSIDERAÇÕES FINAIS..... 69
6 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS..... 71
ANEXOS..... 79

RESUMO

As técnicas de Pedometria têm sido amplamente utilizadas para obter informações detalhadas dos solos. Exemplo disso é a produção de Mapas Digitais de Solos (MDS), em detrimento do Mapeamento Convencional de Solos (MCS). A confiabilidade dos MDS na obtenção de informações sobre a distribuição dos solos na paisagem contribuiu para a popularização desta técnica no meio acadêmico. Neste contexto, o objetivo desta pesquisa foi elaborar o Mapa Convencional de Solos e o Mapa Digital de Solos na Folha Topográfica de Marechal Cândido Rondon (SG-21-X-B-VI-2), escala 1:50.000, localizada na região Oeste do Estado do Paraná, Brasil. Os procedimentos para o MCS consistiram na delimitação de unidades de mapeamento, a partir da interpretação de imagens de satélite, e em atividades de campo para descrever e classificar até o 2° nível categórico as classes de solos. A elaboração do MDS procedeu-se com a obtenção de informações morfométricas do terreno a partir dos dados *SRTM* (30 metros de resolução), utilizando-se do Sistemas de Informação Geográfica (SIG) *Qgis 2.10*, *Saga 2.2.6* e *Arcgis 10.4*. As variáveis referem-se à altimetria, declividade, índice de capacidade de transporte de sedimentos e índice topográfico de umidade. A variável morfométrica curvatura do terreno foi obtida do Projeto Topodata (Banco de Dados Geomorfométricos do Brasil). Esses atributos topográficos foram processados no *Arcgis 10.4*, atribuindo-se pesos conforme a intensidade da influência dos processos pedogenéticos, resultando no MDS. A validação do mapeamento consistiu na observação em campo de 160 pontos mapeados, representados pelas unidades de LV, NV, RR+RL+CX e GX+RY dos MCS e MDS. Na validação, o MCS obteve correspondência espacial de 76,3%, enquanto que o MDS teve 71,9%. A álgebra de mapas entre o MDS e o MCS indicou correspondência espacial de 66%. Os resultados mais satisfatórios de Erros do Usuário (EU) e Erros do Produtor (EP) referem-se aos agrupamentos RR+RL+CX e GX+RY, respectivamente, enquanto que os valores mais baixos de EU e EP foram de GX+RY e NV, respectivamente. A elaboração do MCS e MDS possibilitou avançar na escala dos mapas de solos disponíveis para a área de estudo e com isso obter informações mais detalhadas, em escala 1:50.000, da distribuição dos solos na paisagem. Os atributos topográficos foram importantes fontes de informações para a distinção de setores da paisagem que estão associados a processos pedogenéticos, tais como gleização e latolização/dessilicação. As técnicas de MDS devem ser complementadas com outras informações morfométricas do relevo, assim como dados em escalas superiores a abordada nesta pesquisa, para atingir resultados mais satisfatórios.

Palavras-chave: Pedometria, Atributo topográfico, Solo relevo, Geotecnologias.

CONVENTIONAL AND DIGITAL SOIL MAPPING ON THE TOPOGRAPHIC CHART OF MARECHAL CÂNDIDO RONDON - PR – BRAZIL

ABSTRACT

The pedometrics techniques have been used to obtain detailed information about soils. For example, the elaboration of Digital Soil Maps (MDS) instead to the Conventional Soil Mapping (MCS). The reliability of the MDS is one of the reasons for the popularization of this technique in the academic researches. The goal was to elaborate the Conventional Soil Map and the Digital Soil Map considering the Topographic Chart of Marechal Cândido Rondon (SG-21-X-B-VI-2), western region of the State of Paraná, Brazil. Satellite images interpretation and fieldworks to describe and classify the soils up to the 2nd categorical level were used to map the soils units in the MCS. The MDS procedures consisted in the morphometric data from the SRTM (Shuttle Topography Mission - 30 meters spatial resolution), using the Geographic Information Systems (GIS) Qgis 2.10, Saga 2.2.6 and Arcgis 10.4. The morphometric data consist in altimetry, slope, sediment transport capacity index and topographic humidity index. The Topodata Project (Brazilian Geomorphometric Database) provide the terrain curvature data. In ArcGis 10.4 the topographical attributes processed consider their respective weights, according to the intensity of the pedogenetics processes, resulting in four mapping units. The evaluation of the soils maps consisted of the observation of 160 points in fieldwork. LV, NV, RR + RL + CX and GX + RY. represent the four units mapped. Validation from the fieldwork indicate 76.3% of correspondence to MCS and 71.9% to MDS. The relationship between the MDS and the MCS indicate 66% of similarity. The most satisfactory results of ‘producer’s and ‘user’s errors refers to RR+RL+CX and GX+RY, respectively. The lowest ‘producer’s and ‘user’s errors were to GX+RY and NV, respectively. The MCS and MDS allow to obtain more detailed information about soils distribution in the landscape, nearly to the scale of 1:50 000. Topographic attributes were important sources of information to observe distinct sectors of the landscape that may be associated with pedogenetic processes. MDS techniques should be complemented with morphometric index, and others data, preferably on a detail scale for better results.

Key-words: Pedometrics, Topographic Attributes, Soil geomorphology, Geotechnologies.

INTRODUÇÃO

O solo é um recurso fundamental no dia a dia do ser humano. Dentre as suas várias funções, fornecer o alimento é a que mais diretamente reflete na rotina dos seres vivos. O seu uso e conservação adequados são fundamentais para a manutenção do mesmo. Os levantamentos pedológicos têm se mostrado como um meio importante para a compreensão das características pedológicas, tornando-se fontes primordiais para a conservação dos solos.

Mesmo diante da importância do solo para a sociedade, ainda são escassas as informações detalhadas sobre sua distribuição. Isso impede o desenvolvimento de estudos voltados ao planejamento urbano e rural. Mesmo em áreas onde o solo é um dos principais suportes para a economia, como o município de Marechal Cândido Rondon, e inúmeros outros que integram a Bacia do Paraná 3, tem-se apenas mapas em escala de 1:250.000. Esses não retratam maiores informações e as peculiaridades pedológicas da área.

Diante da ausência de mapas de solos em escala de maior detalhe, como 1:50.000, atualmente, explora-se meios mais rápidos que superem a ausência dessas informações. No contexto da Ciência do Solo, por exemplo, duas técnicas de mapeamento têm se destacado: o Mapeamento Convencional de Solos (MCS) e o Mapeamento Digital de Solos (MDS). A primeira, conhecida como abordagem Clássica ou Convencional, amplamente desenvolvida nos levantamentos de solos, apoia-se em técnicas de fotointerpretação e trabalhos de campo (OLIVEIRA, 1999; IBGE, 2013; LEPSCH, 2011; LIMA et al., 2013). A Pedometria, por sua vez, pauta-se em métodos quantitativos (LIMA et al., 2013).

Soma-se à essas abordagens e demais estudos em pedologia a aplicação das técnicas e ferramentas de Geotecnologias. A integração dessas duas áreas do conhecimento visa um objetivo comum: ampliar e melhorar as informações referentes aos solos. Essa mescla metodológica e conceitual tem, comumente, resultado em Mapas Digitais de Solos (MDS), em escalas cartográficas com maior nível de detalhamento. Diversos autores, tais como Gessler (2000), McBratney (2000 e 2003), Sirtoli (2008), Silveira (2010 e 2012), Lima (2013), Nowatzki (2013), Silva (2016) têm sinalizado que a utilização

dessas técnicas pode minimizar a demanda por mapas de solos em escalas de maior detalhe.

Estudos desse caráter justificam-se não só pela carência de informações pedológicas detalhadas, como pela demanda crescente de mapas pedológicos. Adicionalmente, necessita-se de uma padronização cartográfica para o levantamento de solos na área de estudo. Neste caso, a adoção da Folha Topográfica como referência espacial para o levantamento de solos. A obtenção de mapas pedológicos e fisiográficos também contribuirão para a discussão solo-relevo.

Neste contexto, parte-se da hipótese de que os MDS, assim como os MCS, são técnicas confiáveis para a obtenção de informações detalhadas da distribuição dos solos. Com isso, o objetivo da pesquisa foi elaborar o Mapa Convencional e Digital de Solos na Folha Topográfica de Marechal Cândido Rondon - SG-21-X-B-VI-2, em escala aproximada de 1:50.000. Os demais objetivos foram: Identificar as classes de solos a partir de técnicas convencionais de mapeamento; classificar os solos identificados até o 2° nível categórico; elaborar o mapa convencional de solos; caracterizar informações de altimetria, declividade, curvatura do terreno, índice topográfico de umidade e índice de capacidade de transporte de sedimentos; elaborar o Mapa Digital de Solos; avaliar a confiabilidade do MCS e do MDS a partir da validação de campo e procedimentos estatísticos.

Os capítulos iniciais deste trabalho abordam a importância do solo como recurso natural e a evolução dos levantamentos de solos no Brasil. Também contempla a influência dos atributos do relevo na formação e distribuição dos solos e a adoção de novas abordagens metodológicas para a elaboração de mapas pedológicos. Nos capítulos seguintes são descritas as características gerais da área de estudo e os procedimentos metodológicos adotados para a realização desta pesquisa. O capítulo 4 apresenta os resultados, para em seguida discuti-los, no capítulo 5. Por fim, tem-se as considerações finais da pesquisa.

1 - REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

1.1 - O SOLO E SUA RELAÇÃO COM O MEIO AMBIENTE

O meio ambiente é um sistema composto por diferentes elementos, naturais ou sociais. O solo tem destaque nesse sistema, em função de suas múltiplas funções. Enfatiza-se a de sustentar a vida. Deste modo, compreender a formação, a distribuição e a evolução dos diferentes tipos de solos é fundamental para o desenvolvimento do meio e dos seres vivos.

O solo é entendido como a base das nossas moradias e a fonte de nutrição para as plantas e animais. Além disso, atua como meio condutor para o armazenamento de água, como habitat para os organismos e interage com a atmosfera absorvendo e liberando gases (NÓBREGA e CUNHA, 2001; BRADY e WEIL, 2013; GARDI et al., 2015). A realização dessas funções depende das boas condições do solo, do ponto de vista morfológico, físico e químico. Dessa forma, é necessário conhecer mais detalhadamente esse recurso. No entanto, há uma carência de informações, como por exemplo, de dados cartográficos em escala de maior detalhe, em todo o território brasileiro, e em demais nações. A falta de conhecimento a nível municipal, por exemplo, torna-se um entrave para as ações que visem o uso adequado e a conservação dos solos. Uma das saídas para contornar essa dificuldade, é a realização de estudos na escala da paisagem ou na microescala (ROSSITER et al., 2013).

A relação do homem com o solo é antiga e complexa. Há mais de 30 mil anos, o solo era tratado apenas como mais um integrante da superfície da Terra. Com a consolidação da agricultura e a fixação dos povos em determinadas áreas, a forma de lidar com esse recurso tornou-se mais complexa. A partir da Idade Média, com a evolução da ciência, o conhecimento sobre os solos começou a aumentar, chegando ao estágio atual (LEPSCH, 2002). Atualmente, são várias as ciências que estudam os solos, entre elas a Geografia, que tem seu espaço consolidado, abordando as suas relações com os elementos da paisagem. Mesmo com o conhecimento de que o solo é um corpo formado a partir da interação de fatores que compõem a dinâmica terrestre, é essencial conhecê-lo melhor, incluindo as particularidades que ocorrem no seu processo de formação.

O termo solo (no latim *solum* significa suporte, superfície, base) refere-se à parte superior da crosta terrestre, o regolito. Numa perspectiva agronômica o solo é o meio capaz de armazenar e fornecer água e nutrientes para o cultivo das plantas. Para a engenharia civil o solo é um material com determinada capacidade de suportar edificações, rodovias entre outros (KÄMPF e CURI, 2012).

O solo é composto de minerais, gases, águas, matéria orgânica e organismos organizados em horizontes, formando um corpo tridimensional e natural, recobrindo a superfície terrestre (USDA, 1993; BOCKHEIM et al., 2005; BRADY e WEIL, 2013). Com isso, suas características morfológicas, físicas, químicas, biológicas, sua fertilidade e entre outros devem ser estudadas para compreender como esse corpo se organiza (RESENDE et al., 2007). Neste intuito, para melhor compreensão desse objeto de estudo, a Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA, 2013) propõe um conceito que pressupõe as características fundamentais ao solo:

> [...] uma coleção de corpos naturais, constituídos por partes sólidas, líquidas e gasosas, tridimensionais, dinâmicos, formados por materiais minerais e orgânicos que ocupam a maior parte do manto superficial das extensões continentais do nosso planeta, contém matéria viva e podem ser vegetados na natureza onde ocorrem e, eventualmente, terem sido modificados por interferências antrópicas (EMBRAPA, 2013, p.27).

Esse conceito é utilizado tanto pelo Pedólogo, quanto pelo Geógrafo para o entendimento do solo. Trata-se de um corpo tridimensional sistêmico, formado na superfície terrestre com diferentes horizontes, resultado da combinação única do clima, matéria viva, materiais de origem, relevo e o tempo e que varia espacialmente, tornando-se vulnerável a modificações externas (JENNY, 1941; USDA, 1999; KÄMPF e CURI, 2012).

A ideia de que os solos variam espacialmente surgiu a partir dos estudos iniciados durante o século XIX, liderados pelo russo V. V. Dokuchaev. Este autor observou a existência de camadas semelhantes em perfis de solos separados por centenas de quilômetros, onde a vegetação e o clima eram também semelhantes (LEPSCH, 2011; BRADY e WEIL, 2013).

Oliveira et al. (1992) e Lepsch (2011) destacam que o clima, representado pela temperatura e precipitação, constitui-se um dos mais ativos e importantes fatores de formação dos solos. É a partir da atuação dos elementos climáticos que ocorrem a hidratação e a hidrólise de constituintes do solo nas regiões úmidas do planeta. Por exemplo, removendo cátions básicos dos minerais e favorecendo a formação de óxidos de ferro e alumínio. Ressalta-se que a cada 10°C de aumento da temperatura, aliada à umidade, a velocidade das reações químicas é dobrada. Em ambientes onde a temperatura é mais baixa e com pouca umidade há a formação de camadas superficiais de solos mais escuras e ricas em matéria orgânica. Outro exemplo de atuação climática está na formação de processos erosivos que atuam de forma decisiva na esculturação das formas de relevo (OLIVEIRA et al., 1992; LEPSCH, 2011).

O material de origem tem primordial importância na cor, textura, composição química e mineralógica do solo. Um mesmo material de origem pode resultar em diferentes tipos de solos. Exemplo disso é a coloração que determinados minerais, como hematita e a goetita, que conferem ao solo matizes avermelhados e amarelados respectivamente. Minerais que contém carbonato de cálcio imprimem cores mais esbranquiçadas, a matéria orgânica ou o húmus tende a colorir o solo com cores em tonalidades mais escuras (OLIVEIRA et al., 1992).

A ação dos organismos na formação dos solos está relacionada ao ambiente climático. Em ambientes com clima temperado úmido, por exemplo, a decomposição das folhas dos pinheiros produz ácidos húmicos no solo e ao serem translocados para o horizonte B auxiliam na formação do horizonte espódico (LEPSCH, 2011). O mesmo autor apresenta que o revolvimento dos materiais sólidos do solo pela micro e macrofauna auxilia na formação do húmus e dos agregados, contribuindo na estruturação do solo. A cobertura vegetal, por sua vez, atenua os processos erosivos e armazena nutrientes que depois são devolvidos aos solos. Já o homem pode se constituir como um agente perturbador ao solo, devido às suas modificações na paisagem ou diretamente no solo (OLIVEIRA et al., 1992).

O relevo atua como um controlador da atuação dos demais fatores, uma vez que interfere na dinâmica da água, tanto no sentido vertical quanto

horizontal, na temperatura e umidade dos solos. Por exemplo, em terrenos declivosos, a quantidade de água que penetra no solo é menor em relação aos terrenos menos inclinados. Isso influencia na intensidade dos processos de hidratação, hidrólise, dissolução e na lixiviação do solo (OLIVEIRA et al., 1992).

Neste sentido, a forma do relevo é a chave para entender a atuação dos processos pedogenéticos. Segundo Queiroz Neto (2000) e Lepsch (2011), o predomínio, ora da morfogênese, ora da pedogênese reflete o grau de intemperismo dos solos. Neste sentido, Resende et al. (2007) exemplifica que quanto maior o grau da pedogênese, maior é a alteração dos minerais primários em argilominerais. Com isso ocorrem maiores quantidades de perdas de bases. Processos esses que estão associados à formação dos Latossolos. Já o predomínio da morfogênese remete a um estágio inicial de formação de solos.

O tempo, por sua vez, é um fator de formação passivo, não adiciona, nem exporta material e nem gera energia ao solo. Ele representa o período no qual o solo esteve se formando e a duração da velocidade e intensidade das atividades químicas, físicas e biológicas responsáveis pelas mudanças do material de origem em um solo (OLIVEIRA et al., 1992). Como as transformações no solo ocorrem ao longo do tempo, a sua evolução tende a culminar em um estado de equilíbrio com solos espessos e horizontes definidos, diferentemente do ponto inicial de sua formação, considerando-se que influências externas e os outros fatores de formação que favoreçam tal cenário (LEPSCH, 2011).

A interação dos fatores de formação do solo, acima descritos, desencadeia diferentes processos pedogenéticos como a adição, perda, transformação e translocação de material ao longo do perfil (Tabela 1). Com isso, ocorrem diferentes reações na matéria que determinam singulares características morfológicas, físicas, químicas e mineralógicas a cada classe de solo (RESENDE, 2007; LEPSCH, 2011). Dito isto, as distintas classes de solos de uma determinada área resultam dessas interações complexas que ocorrem ao longo do tempo sobre um determinado material.

Essa complexidade de processos, atuando ao longo do tempo, é fundamental na evolução do solo, assim como da própria paisagem. De modo que, o estágio evolutivo em que determinado solo encontra-se refletirá na sua

capacidade de nutrir, ou sustentar um ecossistema. Num sistema de produção agrícola, como o desenvolvido no Brasil, as diferenças morfológicas, químicas e biológicas são fundamentais para a manutenção da produção (RESENDE et al., 2007).

Tabela 1: Principais processos pedogenéticos atuantes na formação dos solos na área de estudo.

Processos Pedogenéticos	Processos Pedogenéticos Específicos	Subprocesso ou reação	Principais solos formados
Translocação e Transformação	Brunificação e ferruginização	Liberação e oxidação do Fe	Latossolos, Nitossolos e Cambissolos
Remoção, Translocação e Transformação	Dessilicação ou Ferratilização	Liberação e lixiviação de Si; Oxidação	Latossolos e Nitossolos
Remoção, Translocação e Transformação	Gleização	Redução do Fe	Gleissolos
Translocação	Pedoturbação	Mistura, movimentação biológica e homogeneização dos horizontes	Latossolos e Nitossolos
Remoção e Translocação	Leucinização	Oxidação da matéria orgânica, erosão	Horizontes Ap

Fonte: Adaptado de (KÄMPF e CURI, 2012).

Neste sentido é importante conhecer a distribuição espacial dos solos, tendo em vista sua condição e características atuais. A partir disso surgem alternativas que podem melhorar seu uso e manejo, visando sua conservação do meio rural ou urbano (PALMIERI e LERACH, 2012). Deve-se considerar que o solo possui características e propriedades diferenciadas, oriundas de longos processos de formação. Isso refletirá em diferentes aptidões ou capacidades de uso, pois a sua recuperação é lenta, de modo que pode ser considerado como um recurso não renovável (GARDI et al., 2015). Deste modo, a conservação dos solos deve basear-se em relatórios elaborados a partir de levantamentos pedológicos detalhados, uma vez que estes reúnem

informações importantes sobre os solos (BERTONI e LOMBARDI NETO, 2012; PALMIERI e LERACH, 2012).

1.2 - LEVANTAMENTOS DE SOLOS NO BRASIL

O conhecimento sobre a distribuição espacial dos solos é uma das bases para o planejamento territorial, e provém, principalmente, dos levantamentos pedológicos. O desenvolvimento dessa prática, da metade do século XX até os dias atuais, foi preponderante para a sistematização das classes de solos do Brasil. Também contribuiu para a produção de uma vasta literatura sobre a gênese, evolução, composição e distribuição dos solos brasileiros. Neste sentido, este item apresenta a evolução dos levantamentos de solos no Brasil, seus diferentes períodos e sua importância para a sistematização do conhecimento acerca das classes de solos no país.

O levantamento de solos não é uma prática restrita apenas à Ciência do Solo, mas está relacionado a segmentos científicos das Ciências da Terra (VIDAL-TORRADO et al., 2005). Quando o geógrafo produz o mapa pedológico, representando a distribuição dos solos na paisagem, tende a contribuir com a sociedade ao mostrar o que este ocupa. Mesmo com diferentes áreas do conhecimento voltados para a temática dos levantamentos de solos, no Brasil há poucos mapas pedológicos em escala maior que 1:50.000. Isso tem preocupado muitos pesquisadores e estudiosos do solo no país (LEPSCH, 2013). Dessa forma, no ano de 1999, no Congresso Brasileiro de Ciência do Solo, iniciou-se a discussão sobre a falta de profissionais com competência para levantar e mapear os solos no território brasileiro (OLIVEIRA, 2014).

As primeiras tentativas de levantamento de solos remontam a povos primitivos que buscavam conhecer o funcionamento das paisagens às quais pertenciam. Segundo Hartemink et al. (2013) os primeiros esboços de mapas de solos foram realizados por antigos povos chineses e americanos, há mais de 4 mil anos. No século XX foram elaborados os primeiros mapas científicos de solos na Europa, América e Ásia. Dokuchaev e seu discípulo Glinka, em 1908, idealizaram o primeiro mapa de solos em escala global. Esses autores

consideraram a influência das grandes zonas climáticas globais na formação e distribuição dos solos.

No Brasil, os levantamentos de solos são recentes e foram iniciados a partir da necessidade de desenvolvimento da economia nacional. Três são as fases em que ocorreram os inventários pedológicos no país. A primeira fase, de 1950 até 1970, compreende o início do primeiro levantamento de solos realizado no território nacional. Essa etapa foi marcada por trabalhos realizados em diferentes estados e regiões do Brasil, tais como Rio de Janeiro, Distrito Federal, São Paulo, Rio Grande do Sul, Paraná e Noroeste de Minas Gerais (ARAÚJO FILHO e JACOMINE, 2014).

Os trabalhos iniciais foram impulsionados a partir do programa do Governo Federal para a execução de levantamentos de solos, coordenados pela extinta Comissão de Solos do Centro Nacional de Ensino e Pesquisas Agronômicas - CNEPA, atual EMBRAPA. No ano de 1953, a CNEPA foi incumbida de executar o plano básico de inventário geral de recursos de solos do território nacional, assim como o aperfeiçoamento e a capacitação de recursos humanos para os levantamentos pedológicos (CARVALHO et al., 2013; LEPSCH, 2013; IBGE, 2015).

A partir da década de 1960 os levantamentos de solos passaram a ter influência da nova cultura que se estabelecia no cenário produtivo nacional, a soja. Deste modo, elevou-se o número de inventários, pois a exploração de novas terras para produção necessitava de conhecimento prévio das classes de solos que compunham as áreas a serem ocupadas (CARVALHO et al., 2013).

Os anos de 1970 a 1990 representaram a segunda fase e englobou o maior número de levantamentos de solos em âmbito nacional. Isso aconteceu devido a dois fatores. Primeiro em função do desenvolvimento do Projeto RadamBrasil, que permitiu a introdução de novas tecnologias para o mapeamento dos recursos naturais, como imagens aéreas e imagens de satélites, introdução de tecnologias da área da informática, GNSS e programas de computação gráfica, desenvolvimento de Sistemas de Informação Geográfica e técnicas de geoprocessamento. Outro fator foi a reestruturação da EMBRAPA nesse mesmo período, a qual possibilitou a realização de vários levantamentos generalizados pelo país. De outro lado, a iniciativa privada era

responsável pela maioria dos levantamentos detalhados com a finalidade de auxiliar na exploração agrícola, conservação do solo, assentamentos de colonos, estudos ambientais e outros (CARVALHO et al., 2013; IBGE, 2015). Um dos resultados dessa fase, no ano de 1981, foi a publicação do primeiro mapa de solos do território nacional pela EMBRAPA na escala 1:5.000.000, contendo as classes de solos existentes no país. No ano de 2015 a EMBRAPA publicou a versão atualizada desse mapa.

A última fase, que compreende de 1990 até os dias atuais, representa um declínio nos levantamentos de solos, em relação ao período anterior (ARAÚJO FILHO; JACOMINE, 2014). Esta condição é contrária ao desenvolvimento de inúmeras tecnologias e ferramentas disponíveis que podem auxiliar nessa tarefa. Por sua vez, a iniciativa privada insere-se cada vez mais na realização de levantamentos detalhados. Por exemplo, as empresas do setor canavieiro passaram a realizar inventários de solos para aumentar a produtividade da cana de açúcar (OLIVEIRA, 2014).

A preocupação com os levantamentos de solos no Brasil é evidenciada quando estudos mostram o baixo percentual de área mapeada em escala maior que 1:50.000 (Tabela 2). Mesmo num momento em que existem várias tecnologias que auxiliam na redução de tempo e gastos para mapeamento de solos, menos de 1% do território nacional possui mapa semidetalhados.

Tabela 2: Relação da área de solos mapeada no Brasil.

Nível de Levantamento	Área territorial
Reconhecimento de baixa intensidade (1:250.000 a 1:750.000)	84,2%
Reconhecimento de média intensidade (1:100.000 a 1:250.000)	8,6%
Reconhecimento de alta intensidade (1:50.000 a 1:100.00)	1,6%
Semidetalhados (1:50.000)	0,61%
Detalhados ou maior (1: 20.000 a <)	0,0003%

Fonte: (MENDONÇA-SANTOS; CATEN, 2015).

Vários fatores contribuem para esse cenário, como a ausência de profissionais capacitados para a realização desses trabalhos. Adiciona-se a inércia governamental quanto ao custeio e a disponibilidade de recursos para execução de levantamentos de solos detalhados. No estado do Paraná, por exemplo, os levantamentos de solos foram realizados a partir de 1970 e o

mapa foi publicado no ano de 1982 na escala 1:250.000. Recentemente Bhering et al. (2006) atualizaram a legenda do mapa de solos do estado.

Dentre as contribuições dos levantamentos de solos no Brasil, destaca-se a elaboração do Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (SiBCS). Não havia um sistema taxonômico próprio para a classificação dos solos que eram levantados nos anos de 1950 a 1980. Durante esse período, os sistemas de classificação de outros países estavam sendo aperfeiçoados e ampliados, destacando-se os sistemas taxonômicos dos Estados Unidos da América e da FAO/UNESCO. Com isso, no ano de 1980 pesquisadores organizaram um sistema de classificação de solos nacional, o SiBCS, baseando-se em alguns princípios conceituais e metodológicos similares aos abordados pelo sistema dos EUA.

A sistematização do SiBCS deve-se aos vários levantamentos e mapas de solos realizados em diferentes regiões do Brasil. Isso possibilitou a evolução do conhecimento sobre os solos brasileiros e das técnicas de levantamento a partir de trabalhos de campo (PALMIERI e LARACH, 2012; EMBRAPA, 2013; LEPSCH, 2011, 2013). Os levantamentos de solos no Brasil também auxiliaram na sistematização de informações do solo como, espessura, consistência, potenciais agrícolas de uma área, normas para adequação do solo, entre outras considerando as características de ambientes tropicais (SANTOS et al., 1995; OLIVEIRA, 2005; BHERING et al*.,* 2007).

Apresentada a evolução dos levantamentos de solos no Brasil, é preciso conceituar o que é essa prática. O levantamento pedológico é a descrição, classificação e o mapeamento sistemático dos solos de determinada área e possui diferentes finalidades. Para se caracterizar como levantamento de solos a informação levantada em campo deve ser descrita em um relatório e representada cartograficamente, envolvendo pesquisas de gabinete, trabalhos de campo e técnicas de laboratório (SANTOS et al., 1995; USDA, 1999; LEPSCH, 2011).

Os levantamentos de solos diferem em objetivos, em escala e são caracterizados em diferentes níveis de detalhe, intensidade de trabalhos de campo e escala de publicação do mapa final (USDA, 1999; IBGE, 2015). Deste modo, são cinco os tipos principais de levantamentos: Exploratório, Reconhecimento, Semidetalhado, Detalhado e Ultradetalhado (Tabela 3). De

modo que, cada nível de levantamento é direcionado a uma demanda (SANTOS et al., 1995; LEPSCH 2002; IBGE, 2015).

Tabela 3: Caracterização dos níveis, escalas, objetivos e métodos dos levantamentos de solos adotados no Brasil.

Níveis de levantamentos	Escalas usuais	Objetivos	Métodos de Prospecção
Ultradetalhados	1:500 – 1:5 000	Estudos Específicos	Verificações de campo em transeptos planejados, com uso de malhas rígidas
Detalhados	1:7.000 - 1:20.000	Execução de projetos de uso intensivo do solo	Verificações de campo em transeptos planejados, por topossequências, ou caminhamento livre e relações solos superfícies geomórficas
Semidetalhados	1:25.000 - 1:50.000	Planejamento e implantação de projetos agrícolas e de engenharia civil	Verificações de campo em transeptos naturais e planejados, por topossequências ou caminhamento livre e correlações solos superfícies geomórficas
Reconhecimento de alta intensidade	1:60.000 - 1:100.000	Avaliação semiquantitativa de áreas prioritárias	Verificações de campo e correlações solo-paisagem
Reconhecimento de média intensidade	1:150.000 - 1:250.000	Estimativa de natureza qualitativa e semiquantitativa do recurso solo	Verificações de campo e correlações solo-paisagem e extrapolação de padrões de imagem
Reconhecimento de baixa intensidade	1:300.000 - 1:500.000	Estimativa de recursos potenciais de solos	Verificações de Campo
Exploratórios	1:750.000 - 1:2.500.000	Informação generalizada do recurso solo em grandes áreas	Extrapolação, generalizações, correlações e poucas observações de campo
Esquemáticos	1:5.000.000 - 1:15.000.000	Visão panorâmica da distribuição dos solos	Generalizações e amplas correlações com o meio ambiente

Fonte: (IBGE, 2015; SANTOS, 1995; VIEIRA, 1983).

A elaboração do mapa de solos é considerada como a arte de representar a distribuição espacial desse recurso, envolve tanto o conhecimento sobre a classe de solo obtido por meio de trabalhos de campo, quanto a partir da utilização de sensores remotos, geoprocessamento e levantamento de informações bibliográficas. A elaboração ampara-se também em mapas preexistentes para delimitação dos limites das diversas ocorrências de solos (IBGE, 2015).

Os mapas pedológicos diferem-se em objetivos que estão relacionados às suas escalas. Existem os mapas esquemáticos/genéricos, elaborados com base em compilação de dados, e os mapas detalhados (>1:50.000) que necessitam de trabalho de campo. Há também os mapas interpretativos que têm por finalidade mostrar características específicas para indicar a capacidade

dos solos a diferentes sistemas de manejo. Neles, os solos são classificados visando a aplicação prática imediata, como mapas de necessidade de drenagem, capacidade de uso da terra, aptidão agrícola, entre outros (LEPSCH, 2002, 2011; IBGE, 2015).

Sendo assim, ao considerar essas especificidades, à medida que se elaboram trabalhos de levantamentos de solos, devem-se incorporar novas técnicas e desenvolver metodologias adequadas a cada finalidade. Isso auxilia o pesquisador a visualizar, delimitar e compreender a distribuição espacial dos solos na paisagem, considerando também as necessidades pertinentes de cada local.

1.3 – OS ATRIBUTOS DO RELEVO COMO PREDIÇÃO DA DISTRIBUIÇÃO DOS SOLOS NA PAISAGEM

O solo se organiza na paisagem sob a ação de diferentes agentes que o influenciam. A interação relevo, clima, material de origem e organismos ao tempo são fatores fundamentais na formação e arranjo dos solos. Em determinadas regiões, o relevo é um dos principais fatores atuantes na distribuição dos solos. Segundo Thompson et al. (2006) e Seibert et al. (2007), são os atributos do relevo que interferem nos processos pedogenéticos. De modo que, é preciso recorrer às teorias que discutem a relação solo-relevo como importante modelo para os levantamentos de solos (HUDSON, 1992; BUI, 2004; VIDAL-TORRADO et al., 2005; CALEGARI e MARCOLIN, 2014).

Tradicionalmente a concepção do modelo solo/relevo originou-se nas ideias de Vaseli V. Dockuchaev, no final do século XIX (SANTOS, 2000; VIDAL-TORRADO et al., 2005; QUEIROZ NETO, 2010; CAMPOS, 2012). Com a evolução da Ciência do Solo, novos conceitos e teorias foram sendo sistematizados à respeito da relação solo/relevo. Destacam-se o conceito de *Catena* estabelecido por Milne (1935), a Teoria de Formação de Minerais Secundários criada por Delvigne (1965), juntamente com a Teoria da Biogeodinâmica desenvolvida por Bocquier (1973). No final do século XX, a metodologia denominada de Análise Estrutural da Cobertura Pedológica, proposta por Boulet et al. (1982 a,b,c); Ruelan et al. (1984) e Boulet (1988), permitiu a reconstituição da distribuição espacial das organizações pedológicas

ao longo das vertentes (SANTOS, 2000; QUEIROZ NETO, 2002; VIDAL-TORRADO et al., 2005).

A aplicação dessa proposta por pesquisadores brasileiros e franceses no Brasil demonstrou que a diferenciação lateral dos solos na paisagem depende dos processos pedogenéticos, que podem controlar a evolução do próprio relevo, assim como a sua distribuição (SANTOS, 2000). A evolução da forma de uma vertente é acompanhada pela evolução e organização da cobertura pedológica que, juntamente com os processos erosivos, modelam a vertente (NÓBREGA e CUNHA, 2011; SILVA e OLIVEIRA, 2015).

A vertente e suas diferentes morfologias interferem diretamente na pedogênese, refletindo, na granulometria, teor de bases químicas do solo, cor, entre outros atributos (LEPSCH, 2002; QUEIROZ NETO, 2010). Dentre os autores que buscaram relacionar os estudos geomorfológicos das vertentes com a formação e gênese dos solos destacam-se, Bigarella e Becker (1968), Daniels et al. (1970), Young (1972), Tricart (1977). Bigarella et al. (1994) também destacaram a importância das formas de relevo como indicativos da distribuição dos solos na paisagem, tornando-se informação fundamental para os levantamentos pedológicos.

Troeh (1965), Darlymple et al. (1968) e Hugget (1975) propuseram modelos hipotéticos de formas de vertentes, considerando a intensidade dos processos pedogenéticos e de erosão atuantes (VIDAL-TORRADO et al., 2005). Também é possível relacionar os diferentes processos pedogenéticos, que imprimem ao solo características distintas, às posições topográficas ao longo de uma vertente (NÓBREGA e CUNHA, 2001; LEPSCH, 2011).

Nos segmentos de topos amplos, há o favorecimento para a infiltração da água, alteração e formação de minerais como caulinita, óxidos de ferro e alumínio, assim como a remoção dos materiais mais solúveis, no sentido vertical. Esses processos possibilitam uma melhor homogeneização na formação dos solos e aumento da profundidade do perfil em função do predomínio do movimento vertical da água (NÓBREGA e CUNHA, 2001; LEPSCH, 2011; KÄMPF e CURI, 2012).

Os setores da vertente à jusante do topo apresentam características de fluxos diferentes aos descritos anteriormente. Nos segmentos onde a convexidade aumenta, o fluxo superficial se intensifica, provocando

instabilidade nas camadas mais superficiais. Em segmentos côncavos os fluxos tendem a se concentrar, originando horizontes eluviais. Em adição a isso, a água que se infiltrou no topo desloca-se lateralmente, unindo-se à corrente subsuperficial. Neste momento inicia-se o processo de acumulação de minerais de argila, por exemplo, formando horizontes B texturais (NÓBREGA e CUNHA, 2001; KÄMPF e CURI, 2012).

Nos segmentos de baixa vertente ocorre a chegada de materiais lixiviados provenientes dos setores à montante, formando solos, teoricamente, mais argilosos e quimicamente ricos, considerando-se o material de origem. Nesses tipos de ambientes os solos são mais heterogêneos, desde solos hidromórficos, até solos com elevado teor de matéria orgânica, concreções de Fe e Mn ou Neossolos (NÓBREGA e CUNHA, 2001; LEPSCH, 2011; KÄMPF e CURI, 2012). Além desses fatores, o comprimento do segmento da vertente tem controle considerável sobre o escoamento, infiltração e o potencial de erosão hídrica (USDA, 1993; KÄMPF e CURI, 2012).

Em relação aos processos acima descritos, nota-se a intrínseca relação entre a morfologia da vertente e a dinâmica hídrica, refletindo em estágios mais avançados de pedogênese ou a retirada de material intemperizado. Com base nisso, nas últimas décadas têm sido incorporados nos estudos pedológicos diferentes índices que refletem a relação vertente/dinâmica-hídrica/solos. Destacam-se os estudos pioneiros de Moore et al. (1993). O surgimento e o aperfeiçoamento de técnicas de Sensoriamento Remoto e Sistemas de Informação Geográfica contribuíram para a obtenção de informações do relevo. Por exemplo, os métodos automáticos de extração de variáveis morfométricas facilitaram a compreensão da influência dos atributos do relevo na formação e evolução dos solos (VIDAL-TORRADO et al., 2005; VALERIANO, 2008; AGUILAR-MUÑOZ, 2009).

Exemplo disso é a extração de informações referente aos atributos topográficos do relevo, primários e secundários. Os atributos primários são calculados diretamente de um Modelo Digital de Elevação ou do Terreno. A informação obtida representa, entre outros, a elevação, a declividade e curvatura do terreno. Os atributos secundários originam-se da combinação entre os atributos primários e podem representar diferentes processos ocorridos na paisagem. Esses processos são apresentados na forma de

índices, como: o Índice Topográfico de Umidade, o Índice de Capacidade de Transporte de Sedimentos, o Índice de Corrente de Máximo Fluxo e outros (MOORE et al., 1993; GALLANT e WILSON, 2000; McBRATNEY et al., 2003; SIRTOLI, 2008).

Segundo Chagas (2006), os atributos primários e secundários são reconhecidos como importantes recursos para a realização de levantamentos de solos. Quanto à influência dos atributos primários, a topografia, por exemplo, influi na distribuição dos solos na paisagem. A declividade do terreno e o comprimento da vertente implicam em diferentes intensidades de fluxos hídricos ao longo do perfil, interferindo na variação das propriedades dos solos, vertical e lateralmente (VITTE e MELLO, 2007). A curvatura do terreno tem sido útil para a predição da ocorrência de determinadas classes de solos nas paisagens à determinada forma[1] do terreno (CAMPOS et al., 2006; SILVA et al., 2007; ZAPAROLI e GASPARETTO, 2010).

A curvatura representa o formato horizontal e vertical do terreno (VALERIANO, 2008). Esse autor destaca que a curvatura do terreno auxilia na compreensão dos processos de migração e acúmulo de minerais, de matéria orgânica e de água no solo. A forma da vertente age como regulador na velocidade, na direção e infiltração do fluxo da água, e o tempo de permanência da mesma, influindo na intensidade das reações químicas e lixiviação de materiais solúveis.

Os atributos secundários, assim como os primários, são entendidos como indicadores da distribuição dos solos na paisagem. A partir deles é possível inferir a ocorrência espacial de processos de transportes de sedimentos, movimento e acúmulo hídrico superficial e subsuperficial no solo (MOORE et al., 1993; GALLANT e WILSON, 2000 e McBRATNEY et al., 2003).

Com base nas ideias apresentadas neste tópico, o conhecimento sobre as características do relevo e os processos que atuam na vertente é um dos caminhos para compreender a distribuição e evolução dos solos na paisagem. A partir disso, é possível contribuir teórica e metodologicamente no que se refere à discussão da relação solo/relevo.

---

[1] A maioria dos perfis das vertentes consiste de três formas de curvatura vertical: convexa (alta vertente), retilínea (média vertente) e côncava (sopé). Essas curvaturas conjugam-se com contornos horizontais que podem ser planares, convergentes e divergentes (USDA, 1993).

1.4 – DIFERENTES ABORDAGENS EM MAPEAMENTO DE SOLOS

Nos últimos anos a Pedometria[2] tem se consolidado com uma técnica para a elaboração de mapas de solos. Há também estudos que comparam essa técnica com os procedimentos tradicionais de mapeamento, com intuito de obter, cada vez mais rápido e precisamente, informações a respeito da distribuição dos solos.

A abordagem Clássica ou Convencional, consolidada nos levantamentos de solos, apoia-se em técnicas de fotointerpretação e trabalhos de campo, de modo que o nível de escala abordado determinará a quantidade e intensidade de observações. A Pedometria pauta-se em métodos quantitativos e a eficácia do mapeamento está relacionada à qualidade dos dados de referência, ou seja, a resolução dos dados de entrada (LIMA et al., 2013).

A partir da popularização das Geotecnologias[3], associada à introdução da Pedometria nos estudos de solos, as barreiras metodológicas para execução de inventários de campo têm sido minimizadas. Segundo Caten e Dalmolin (2014), a utilização dos conhecimentos relacionados a essas duas áreas vem ocorrendo há vários anos e tem mudado a abordagem em mapeamentos de solos. Exemplo disso é o mapeamento digital de solos que têm sido uma das alternativas para superar a ausência de inventários pedológicos em diversas partes do mundo. Isto tem tornado a Pedometria como uma opção viável e rentável para a elaboração de mapas de solos.

Jenny (1941) é considerado como o propulsor da Pedometria ao admitir que a partir da equação elaborada por Dockuchaev, S=f (cl.o.r.p.t.), referente aos fatores de formação dos solos, é possível mensurar as propriedades do solo. No entanto, foi a partir de McBratney et al. (2000, 2003) que houve um direcionamento das técnicas convencionais de mapeamento de solos para a Pedometria. McBratney et al. (2000, 2003) propuseram um modelo determinístico sobre os processos de formação e distribuição dos solos na

[2] Pedometria refere-se à aplicação de métodos matemáticos e estatísticos para a modelagem quantitativa do solo, com o objetivo de analisar sua distribuição e o comportamento dos atributos (MCBRATNEY et al., 2003).
[3] Geotecnologias são ferramentas tecnológicas para a coleta, processamento, análise e a disponibilidade de informações georreferenciadas (ROSA, 2005).

paisagem. O modelo possibilitava predizer com maior rapidez e exatidão, e a um custo financeiro reduzido, as classes e propriedades dos solos com base em técnicas da Pedometria, no caso o Mapeamento Digital de Solos (SANTOS, 2007).

A técnica de Mapeamento Digital de Solos é definida como modelos preditivos que possibilitam inferir variações espaciais e temporais dos tipos e propriedades dos solos a partir de relações matemáticas entre variáveis ambientais, atributos do relevo e classes de solos (ROSSITER, 2008; LAGACHERIE, 2008; COELHO e GIASSON, 2010). Segundo Dobos et al. (2000), Cezar et al. (2008) e Lepsch (2011) e Demattê et al. (2015), o emprego conjunto de diferentes técnicas têm contribuído para o aperfeiçoamento dos Mapas Digitais de Solo, entre elas técnicas de Geoprocessamento, de Sistemas de Informação Geográfica (SIG) e do Sensoriamento Remoto.

Neste sentido, Ippoliti et al. (2005), Sirtoli et al. (2008), Coelho (2010), Silveira et al. (2012) e Lima et al. (2013) destacam o potencial dessas técnicas no auxílio da predição e distinção de classes de solos na paisagem, constituindo-se um marco evolutivo para o entendimento das relações solo-relevo e, principalmente, para os levantamentos de solos. No entanto, é necessário considerar, não somente as vantagens, mas as desvantagens que as mesmas técnicas apresentam (Tabela 4).

Segundo Ippoliti et al. (2005) e Coelho (2010), uma das vantagens que o mapeamento digital de solos apresenta é a possibilidade de utilizar modelos preditivos para extrapolar os limites das unidades de solos para áreas adjacentes ao mapa utilizado como referência. Outra vantagem é a rapidez da aplicação dessa técnica. Até 1960, por exemplo, os mapas eram gerados manualmente e as informações dos recursos naturais eram extraídas através de técnicas de aerofotogrametria, apoiadas por levantamentos de campo, de modo que essas informações levavam anos para serem atualizadas. Com a introdução de técnicas computacionais, houve a possibilidade de integração e representação dos dados de forma mais precisa e abrangente, num curto espaço de tempo (CÂMARA e MEDEIROS, 2004; FITZ, 2008; MOREIRA, 2011; BOLFE, 2014).

Diante do exposto, a utilização de técnicas convencionais e a adoção de procedimentos automatizados para mapear os solos de uma paisagem, por

exemplo, apresentam vantagens e desvantagens. Considerando isso, é preciso buscar um equilíbrio na adoção entre os métodos para que o produto final, no caso o mapa de solos, seja um documento confiável e eficaz.

Tabela 4: Vantagens e desvantagens entre o método Tradicional e o Digital de mapeamento de solos.

Método	Vantagens	Desvantagens
Tradicional	- Discretização das classes de solos com maior acuidade em escalas de detalhe; - Maior conhecimento e informação da área a ser mapeada; - Estabelecimento das relações solo x paisagem x aptidão agrícola.	- Método subjetivo relacionado à percepção do pedólogo; - Necessidade de grande quantidade de dados amostrais de solos; - Delimitação das classes a partir da interpretação de fotografia aéreas e caminhamento livre; - Limite rígido entre as classes de solos e mapeamento mais demorado e com elevado custo.
Digital	- Eliminação da subjetividade; - Delimitação das classes baseada diretamente em dados morfométricos; - Possibilidade de construir mapas de classes de solo com limites graduais; - Mapeamento mais rápido e baixo custo com possibilidade de extrapolação de unidades.	- Identificação apenas das unidades de mapeamento condizentes com a escala da base de dados; - Necessidade de conhecimento prévio da área de estudo e de um mapa preliminar de solos; - Necessidade de grande quantidade de dados amostrais de solos no campo e análises laboratoriais, de acordo com o método escolhido.

Fonte: Lima et al. (2013).

2 - ELEMENTOS FÍSICOS E GEOGRÁFICOS DA ÁREA DE ESTUDO

O presente capítulo apresenta as características da paisagem que compõem a área de estudo. Destacam-se a geologia, o clima, o relevo, a hidrografia, os solos, a vegetação, os principais tipos de uso e cobertura do solo. Também é descrito o processo de ocupação da região, iniciado em meados do século XX.

A área de estudo localiza-se na Região Oeste do Estado do Paraná e compreende os limites da Folha Topográfica de Marechal Cândido Rondon (Folha SG-21-X-B-VI-2 - Figura 1). Os municípios abrangidos pela Folha Topográfica são: Marechal Cândido Rondon, Pato Bragado, Entre Rios do Oeste, Santa Helena, Ouro Verde do Oeste, Diamante do Oeste, Toledo e Quatro Pontes.

Geologicamente, a área apresenta-se recoberta por rochas basálticas da Formação Serra Geral. Formadas durante o processo de separação dos continentes Sul Americano e Africano, resultam de um intenso vulcanismo fissural ocorrido entre o Jurássico e o Cretáceo (ZALÁN et al., 1990; NARDY et al., 2002). Algumas propriedades da rocha refletem na esculturação da paisagem regional, tais como ser uma rocha com baixa concentração de sílica, e as diferentes camadas de deposição com aspecto escalonado (*trapp*) e com resistências diferenciadas. Essas camadas têm coloração cinza escura a negra, hipocristalinos, maciços ou vesiculares. As camadas com grande concentração de vesículas são determinantes na resistência da rocha ao intemperismo (PINESE e NARDY, 2003; KERSTEN et al., 2008).

Os principais minerais que compõem o basalto são os plagioclásios, piroxênios, olivina, magnetita e apatita. A decomposição desses minerais é fundamental para o incremento de elementos químicos como o Ferro, Magnésio e Cálcio na composição química dos solos da região (PINESE e NARDY, 2003; KERSTEN et al., 2008).

O tipo climático atuante é o Cfa, temperado chuvoso, sem a ocorrência de estação seca e moderadamente quente. As temperaturas médias anuais variam entre 18°C no inverno e podem superar os 22ºC no verão (AYOADE, 2010; PARANÁ, 2013).

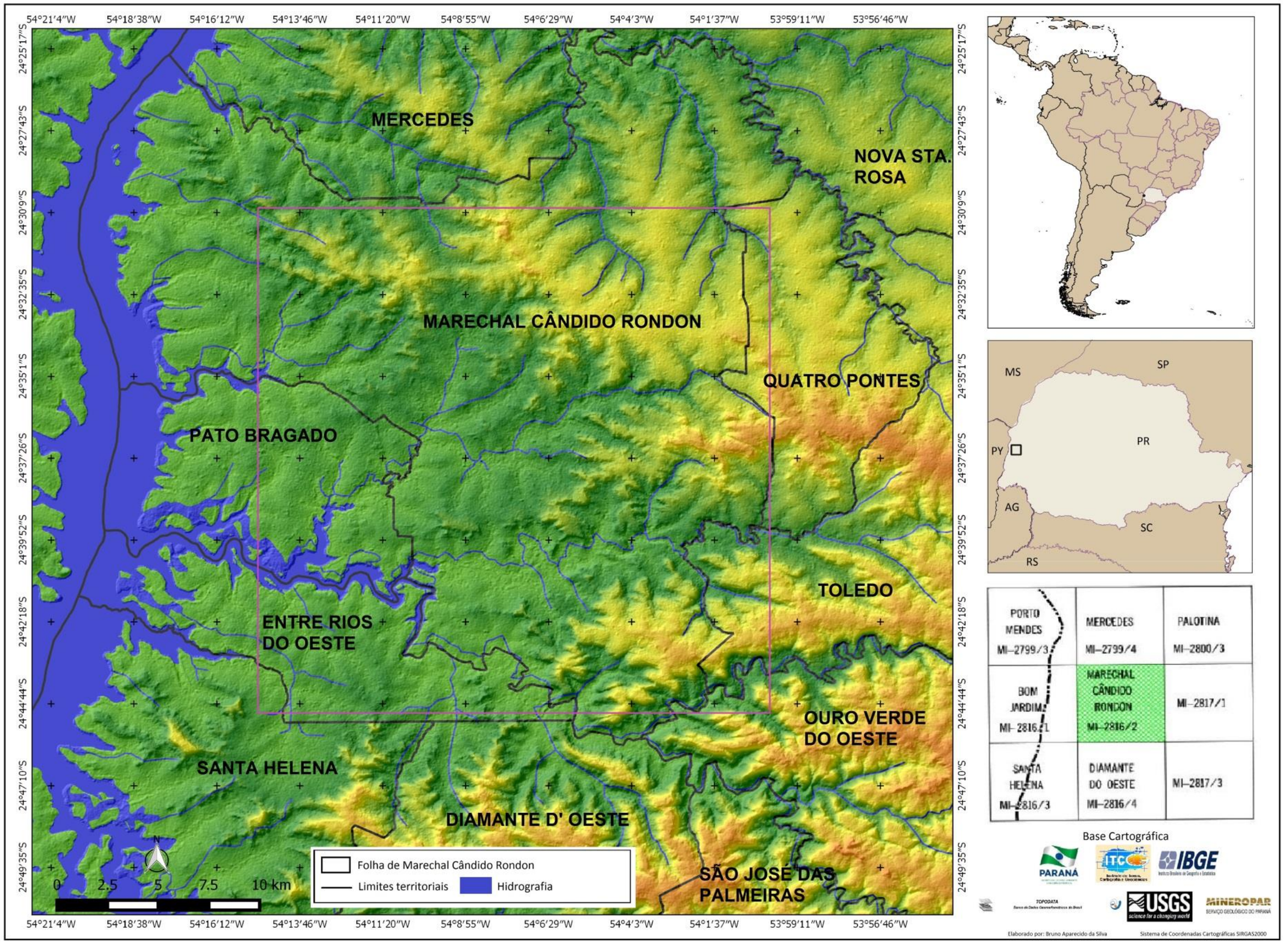

Figura 1: Mapa de localização da área de estudo.

A precipitação média anual corresponde entre 1400 mm e 2000 mm, excetuando-se a zona marginal à represa de Itaipu, que apresenta condições discretas de sub-seca no inverno (LIMBERGER, 2007). A autora argumenta que a homogeneidade na distribuição da precipitação está relacionada à atuação de sistemas de circulação atmosférica, causadores de chuva, em função das características do relevo regional e das diferenças climáticas e atmosféricas apresentadas pelas estações do ano.

Os sistemas atmosféricos atuantes são: Massas de Ar Tropical Atlântica, Tropical Continental, Polar Atlântica, Equatorial Continental (AYOADE, 2010; PARANÁ, 2013). Esses sistemas são fundamentais na modelação da paisagem regional. Ao interagir com a geologia local, favorece a instalação de canais fluviais, em sua maioria perene, modelando formas suaves a onduladas. Isso reflete na formação e distribuição dos solos na paisagem.

Quanto ao relevo, a área de estudo situa-se entre transições geomorfológicas com diferentes graus de dissecação. Santos et al. (2006) classificou até o 3º *táxon* o relevo do Estado do Paraná, de modo que a área de estudo engloba três subunidades Morfoesculturais: **Planalto de São Francisco**: dissecação média, topos alongados e vertentes convexas com vales em V; **Planalto de Foz do Iguaçu:** dissecação baixa, topos aplainados, vertentes convexas com vales em V abertos; e **Planalto de Cascavel**: dissecação média, topos alongados e aplainados, vertentes convexas com vales V.

Em trabalho recente, Bade (2014) caracterizou a paisagem da Bacia do Paraná 3 (BP3) em diferentes Unidades Morfoesculturais. Considerando esse trabalho, a área de estudo engloba quatro Unidades: **Unidade de São Francisco, Unidade de Foz do Iguaçu, Unidade de Marechal Cândido Rondon**. **Unidade de Nova Santa Rosa.** Em escala de detalhe, Moresco (2007) classificou o relevo do município de Marechal Cândido Rondon em três compartimentos topográficos: Compartimento de Marechal que se subdivide em Platô de Marechal e Platô de Bela Vista, Compartimento de Margarida e Compartimento de São Roque.

As referidas classificações do relevo são fundamentais para compreender as diferentes formas de relevo encontradas na área de estudo.

Essas interferem na evolução dos sistemas pedológicos locais e regionais. Outros trabalhos contribuíram com a caracterização das formas do relevo e sua relação com os solos.

A organização da rede hidrográfica da área de estudo reflete a interação da geologia e do clima regional. Com isso, a instalação de canais perenes contribui com a evolução da paisagem, promovendo o recuo das vertentes e o entalhamento dos canais. A característica comum do arranjo dos canais é a forma dendrítica. Os principais rios que controlam a esculturação do relevo na área de estudo, juntamente com os seus afluentes, são o Rio Marreco, Arroio Fundo, Rio São Francisco, Rio Guaçu e o Rio Paraná, que é o nível de base regional. Uma das características significativas na paisagem da área de estudo é representada pela transição entre as Unidades Morfoesculturais de Foz do Iguaçu e São Francisco. Essa transição acompanha as cabeceiras de drenagem dos rios Marreco e Arroio Fundo, no qual é possível notar o recuo das vertentes na direção leste da BP 3.

A área de estudo pode ser subdividida em duas grandes bacias hidrográficas. A bacia do rio São Francisco Verdadeiro drena os canais fluviais localizados ao Sul da Folha topográfica. A bacia do rio Guaçu drena os rios localizados no setor Norte da Folha topográfica. Essas bacias fazem parte do conjunto da BP 3.

A interação dos elementos que compõem a paisagem regional reflete na formação, evolução e distribuição dos solos. Devido às características quentes e úmidas em que se encontra a área de estudo, o processo de formação dos solos é mais acelerado. Deste modo, os solos predominantes na região são bem desenvolvidos. Expostas a processos intempéricos há milhares de anos, apresentam textura muito argilosa, características férricas com presença de Óxidos de Ferro e Manganês, em função do material de origem, e minerais de Caulinita, Hematita e Goetita.

Quanto à distribuição dos solos na paisagem da área de estudo, no Planalto de Foz de Iguaçu predominam LV nos topos, seguido de NV em segmentos de média vertente. Nos topos curtos e convexos encontra-se o RR. Os fundos de vales abertos e planos são ocupados por GX (EMBRAPA, 1982; FERNANDEZ et al., 2011). No Planalto de São Francisco, a presença de formas de relevo onduladas a fortes onduladas condiciona a distribuição dos

RR+RL nos topos curtos e na média vertente NV. Nas áreas onde os topos são alongados, ocorre o LV (EMBRAPA, 1982; FERNANDEZ et al., 2011). Já no Planalto de Cascavel, devido às formas de relevo suaves e onduladas, os LV ocupam os seguimentos de topo, NV na média vertente e nos fundos de vales podem ser encontrados os CX, RR, RL e GX (EMBRAPA, 1982; FERNANDEZ et al., 2011).

A vegetação que compõe a área de estudo é classificada como Estacional Semidecidual (LEITE, 2002; RODERJAM et al., 2002; FEIDEN et al., 2011; IBGE, 2012). Os fundos de vale são ocupados pela composição Aluvial. Nas áreas com elevações acima de 400 metros de altitude encontram-se a floresta de Montana (Figura 2). No entanto, a retirada da vegetação nativa é um aspecto negativo no processo de ocupação da região, principalmente na área de estudo, e está relacionada ao uso do solo para a produção agrícola, iniciado a partir da década de 1960 (FEIDEN et al., 2011).

O processo de ocupação da região Oeste do Paraná se desenvolveu no contexto de políticas governamentais que direcionaram a população para o Oeste do país. No caso da região de Marechal Cândido Rondon e Toledo a empresa envolvida na distribuição de terras em pequenos lotes com 25 há foi a Colonizadora MARIPÁ (Industrial Madeireira Colonizadora Rio Paraná S/A) (MAGALHÃES, 2008; MEDEIROS e JUNIOR ZANÃO, 2015).

Na década de 1950, o uso do solo era baseado na policultura e com algumas experiências de plantio de café (MORESCO, 2007). Com o incentivo Estatal à mecanização foi implantada a monocultura, baseada no cultivo principalmente da soja, intercalada por milho e trigo. Isso foi um marco no que se refere à cobertura do solo, pois com essa nova fase produtiva, necessitava-se de terras e estas estavam sob mata nativa. Deste modo, as florestas que compunham a paisagem regional foram substituídas por áreas de pastagem e culturas anuais de grãos. Atualmente a floresta nativa, remanescente, ocupa alguns setores de topo, associados a afloramentos rochosos, áreas declivosas e fundos de vale (Figura 2) (MORESCO, 2007; MEDEIROS e JUNIOR ZANÃO, 2015).

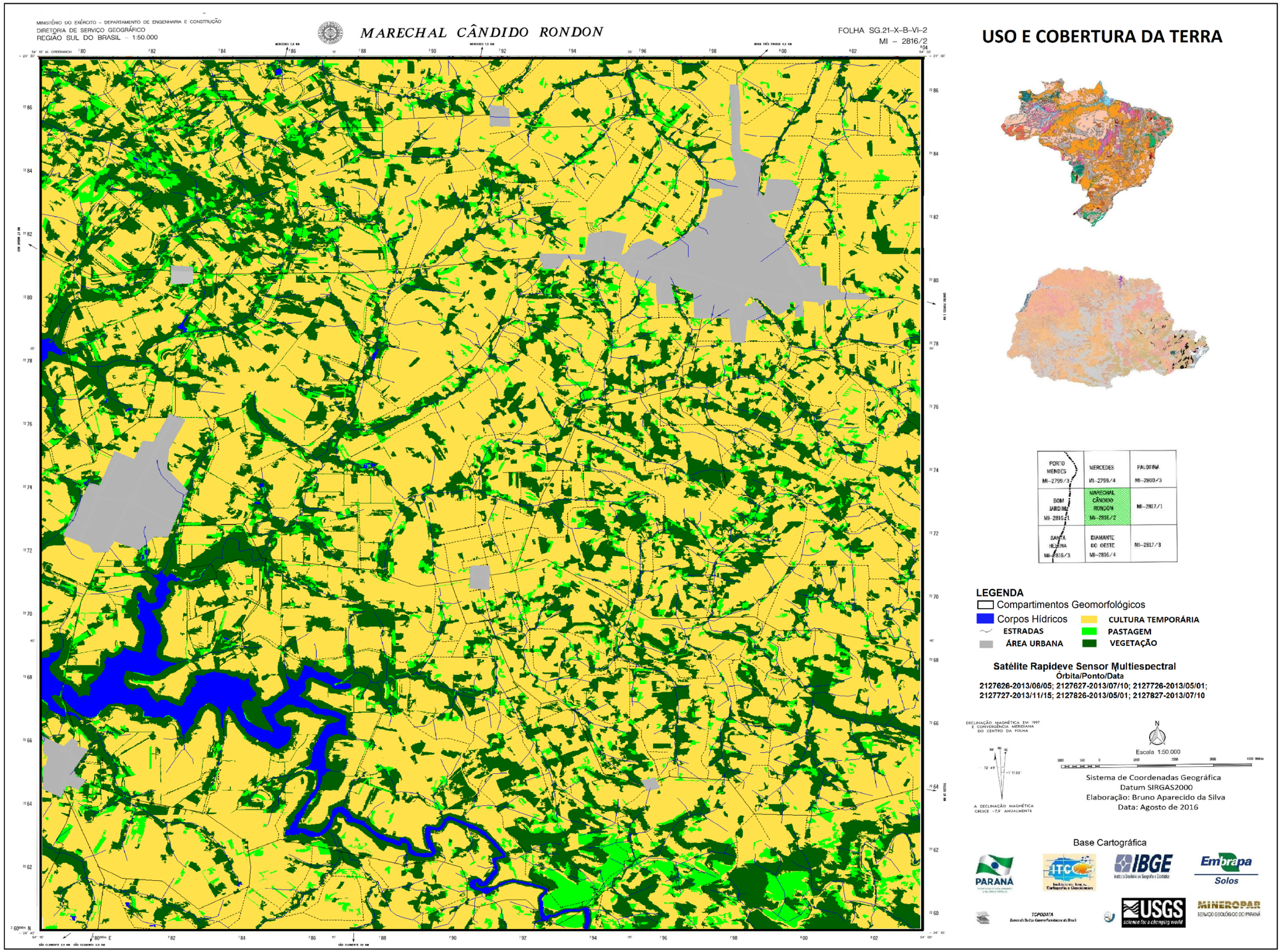

Figura 2: Mapa temático do uso e cobertura do solo da área de estudo.

No período inicial de ocupação, a preparação do solo era por meio de aragem. Com o aumento da produção e o não acompanhamento das técnicas de manejo, a degradação do solo aumentou. Originaram-se processos erosivos em função da retirada da vegetação, isso na década de 1970 (MORESCO, 2007). Esse problema, conforme destaca Costa (2007), foi sendo solucionado com a adesão ao programa de conservação de solos que consistia na implantação do sistema de plantio direto. Esse preserva a umidade no solo e serve para diminuir o impacto das gotas de chuva e com isso reduzir o escoamento superficial. No entanto essa prática tem sido mal aplicada pelos agricultores atualmente, principalmente na região em questão.

Outro marco importante que modificou a paisagem da região está relacionado com a construção do Reservatório da Usina de Itaipu. Além de interferir na dinâmica populacional, mudou a dinâmica paisagística da área ao seu entorno. Desde modificações hídricas nos canais, modelação das vertentes até o meio biológico (MORESCO, 2007).

A distribuição da produção agrícola atual está associada aos segmentos de topos até a baixa vertente. Já a produção de gado de leite, piscicultura e forrageiras localizam-se, de modo geral, na baixa vertente e fundos de vales ou em áreas com declividade acentuada e baixa aptidão para agricultura mecanizada (MORESCO, 2007; MAGALHÃES, 2013; MEDEIROS e JUNIOR ZANÃO, 2015).

Os problemas relacionados ao uso e ocupação do solo não se restringem apenas às zonas rurais, mas também ao meio urbano, devido à sua expansão. No início da ocupação da região e formação das comunidades, os centros urbanos restringiam-se aos segmentos de topo e alta vertente. Atualmente, a malha urbana tem avançado em direção aos fundos de vale, áreas com declividades mais acentuadas e solos rasos (MORESCO, 2007). Isso está relacionado a diferentes fatores sociais e econômicos, desde ausência ou ineficácia do planejamento urbano até especulação imobiliária. O avanço em direção aos fundos de vales tem contribuído com o aumento de processos erosivos, alagamentos, degradação das cabeceiras de drenagem entre outros. Como reflexo disso, a qualidade de vida de alguns setores da sociedade tende a ser afetada.

3 – MATERIAIS E PROCEDIMENTOS

O roteiro teórico-metodológico seguido durante o desenvolvimento da pesquisa é ilustrado na Figura 3.

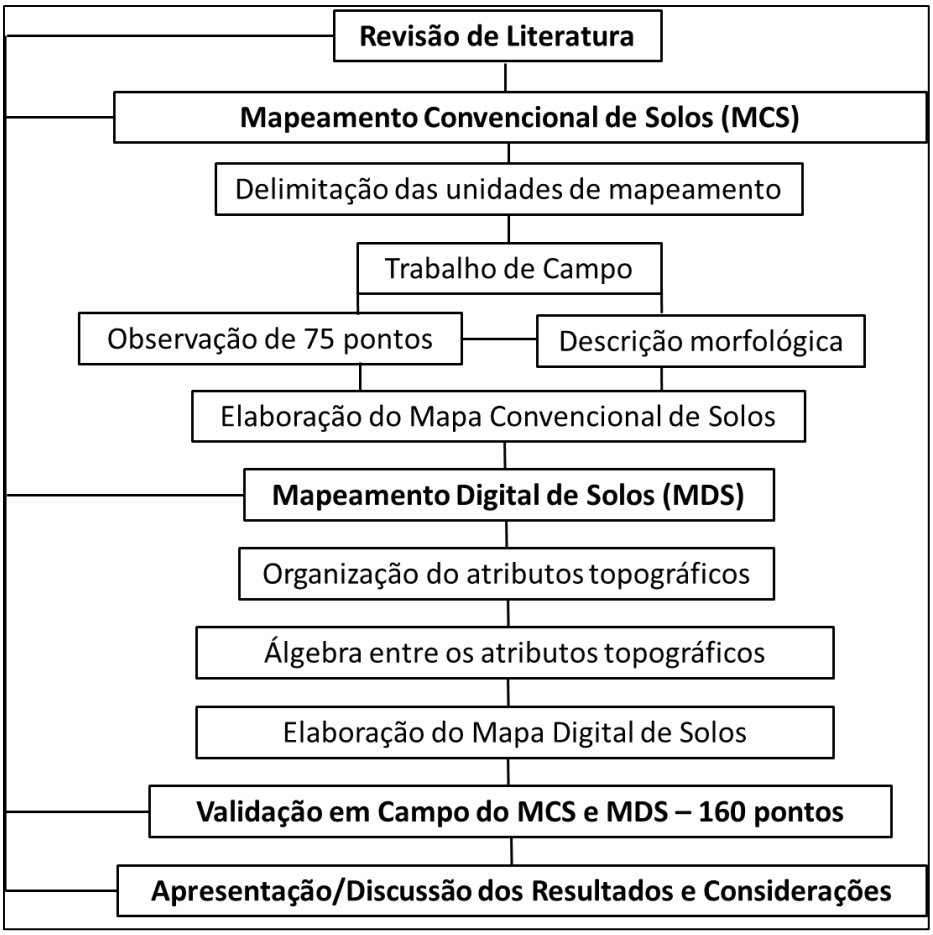

Figura 3: Fluxograma da pesquisa.

A escolha da área de estudo, assim como o modelo teórico direcionador desta pesquisa pautou-se na relação solo-relevo, fundamental na predição da distribuição dos solos na paisagem. Assim como, em técnicas e materiais utilizados pela Geografia, tais como Geomorfologia, Pedologia, Geotecnologias e Pedometria, tendo em vista os objetivos propostos nesta pesquisa.

Os materiais utilizados no decorrer desta pesquisa são apresentados a seguir (Tabela 5), assim como os órgãos que os disponibilizaram, com suas respectivas fontes.

Tabela 5: Materiais utilizados para o desenvolvimento da pesquisa.

Produtos Cartográficos	
Fonte	**Dados**
ITCG **http://itcg.pr.gov.br/** IBGE **http://www.ibge.gov.br**	Folha Topográfica SG-21-X-B-VI-2 (1:50.000), Geologia, Clima, Hidrografia, Geomorfologia e Solos do Estado (1:250.000) / Limites municipais e estaduais
INPE-TOPODATA – Banco de Dados Geomorfométricos do Brasil **www.dsr.inpe.br/topodata/**	Curvatura do terreno: 24S555FT (1:250.000)
USGS **https://earthexplorer.usgs.gov**	Imagens SRTM (30 metros de resolução): S25W54 e S25W55
Ministério do Meio Ambiente **www.mma.gov.br**	Imagens do satélite Rapideye: 2127626-2013/06/05; 2127627-2013/07/10; 2127726-2013/05/01; 2127727-2013/11/15; 2127826-2013/05/01; 2127827-2013/07/10 (5 metros de tamanho de pixel)
Sistema de Informação Geográfica	
Lab. Geoprocessamento e Cartografia-UNIOESTE INPE **www.inpe.br**	Arcgis 10.4
Comunidade Qgis **http://qgisbrasil.org/** Saga **https://sagagisbrasil.wordpress.com**	Spring 5.2, QGis 2.10 e Saga 2.2.6
Trabalho de Campo	
GEA	GNSS, Carta de cores Munsell, Manual de Descrição e Coleta de Solos no Campo, SIBCS, Trado Holandês, Fita Métrica e Enxada

3.1 – MAPAS PARA CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

Os mapas temáticos de geologia e clima foram elaborados com o SIG QGis 2.10. Quanto à elaboração do mapa temático de Hidrografia, houve a extração da rede de drenagem, na abrangência da área de estudo, utilizando-se da imagem SRTM (30 metros de resolução) e Folha Topográfica, escala 1.50.000, a partir de procedimentos manuais no aplicativo Qgis 2.10. Para a representação da compartimentação geomorfológica da área de estudo, adotou-se o trabalho de Santos et al. (2006).

O mapa temático de uso e cobertura da terra foi gerado no SIG Spring 5.2. Para a classificação não supervisionada das imagens do satélite Rapideye (Tabela 5) foi utilizado índice de similaridade de 150, área 250, classificador Isoseg e limiar de aceitação 99%. Com isso foram geradas 5 classes temáticas: Água, Área Urbana, Cultura Temporária, Estradas, Pastagem e Vegetação. O mapa de uso e cobertura e a Folha Topográfica foram utilizados para o

mapeamento convencional de solos para delimitar as unidades de mapeamento do MCS.

3.2 – ELABORAÇÃO DO MAPA CONVENCIONAL DE SOLOS (1:50.000)

A elaboração do mapa de solos convencional incluiu técnicas de interpretação de imagens (do satélite Rapideye), da distribuição das curvas de nível na Folha Topográfica e do mapa de solos da Embrapa (1984), escala1:250.000, para a delimitação das unidades de mapeamento (Figura 4).

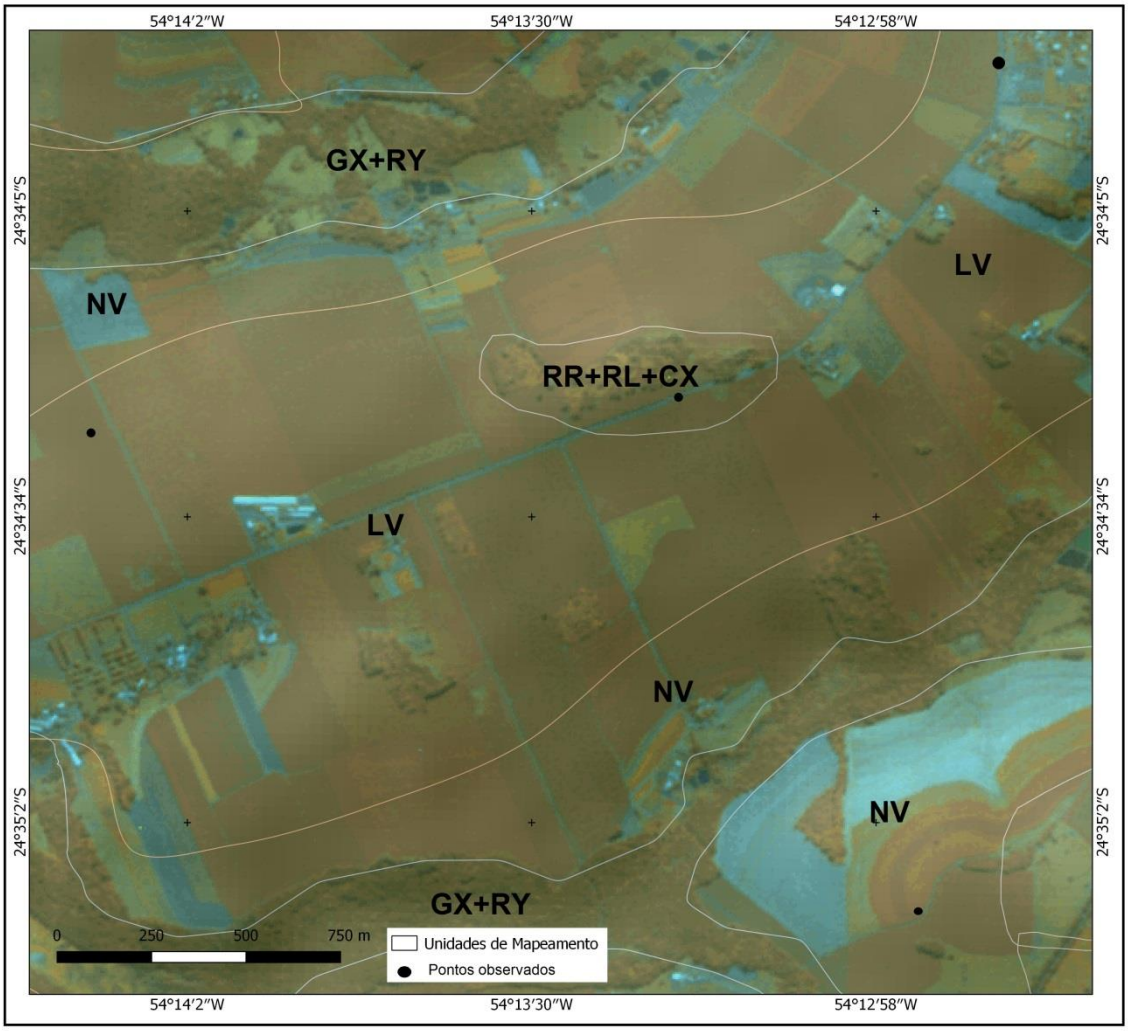

Figura 4: Representação das unidades de mapeamento de um setor da área de estudo.

As unidades de mapeamento foram extraídas no SIG Qgis 2.10 e inseridas informações complementares sobre as classes de solos na

abrangência da área de estudo, tais como cor e textura. Essas informações foram obtidas em: EMBRAPA (1984), Magalhães (2008), Rocha (2011), Rocha et al. (2012), Oliveira (2012), Magalhães et al. (2012), Magalhães (2013), Calegari e Marcolin (2014) e Marcolin (2015). Deste modo, foram identificadas 4 unidades de mapeamento na área de estudo, que após os trabalhos de campo, foram identificadas como Latossolos Vermelhos, Nitossolos Vermelhos, Gleissolos Háplicos+Neossolos Flúvicos e Neossolos Regolíticos+Neossolos Litólicos+Cambissolos Háplicos.

Em seguida, procederam-se os trabalhos de campo pautando-se em caminhamento livre para observação dos padrões das formas das vertentes e comprimento de rampa, além da declividade e a distribuição dos solos. Aproximadamente 75 pontos foram observados na paisagem. A partir disso, houve a seleção dos locais para descrição morfológica dos perfis representativos de cada classe de solos, conforme descrito em Santos et al. (2005). Posteriormente, os solos foram classificados até o segundo nível categórico, conforme em EMBRAPA (2013).

3.3 – ELABORAÇÃO DO MAPA DIGITAL DE SOLOS (MDS)

3.3.1 Atributos topográficos primários

Para a elaboração do MDS, foram extraídos os atributos primários do MDE referente à declividade e curvatura (Figura 5). A declividade foi extraída direto do MDE, obtido a partir da imagem *SRTM,* no aplicativo *QGis 2.10* e estabelecidas as classes de declividade, conforme proposto em (EMBRAPA, 2013) (Tabela 6).

Tabela 6: Classes de declividade e suas respectivas denominações qualitativas.

Gradiente	Classes de Relevo
0 a 3%	Plano
3 a 8%	Suave ondulado
8 a 20%	Ondulado
20 a 45%	Forte ondulado
45 a 75%	Montanhoso
>75%	Escarpado

A utilização dos atributos de declividade e curvatura do terreno justifica-se pelo fato de que ambos afetam principalmente a velocidade dos fluxos hídricos superficiais e subsuperficiais no solo ao longo da vertente. Isso reflete, por exemplo, no potencial de erosão/deposição e na capacidade de uso do terreno (GALLANT e WILSON, 2000; CHAGAS, 2013). As informações referentes à curvatura do terreno foram organizadas por Valeriano (2008) e estão disponibilizadas no *site* do INPE-TOPODATA. Para a elaboração final do mapa temático de curvatura, atribuiu-se a simbologia disponibilizada no *site* fonte, que por sua vez, é compatível ao aplicativo *ArcGis* (*ArcGis Layer - FT.smp*).

3.3.2 Atributos topográficos secundários

A geração dos atributos topográficos secundários deu-se a partir da imagem *SRTM* no aplicativo *Saga 2.2.*6. A informação gerada refere-se ao Índice Topográfico de Umidade (ITU) e o Índice de Capacidade de Transporte de Sedimentos (ICTS) (Figura 6).

A escolha do ITU baseia-se na capacidade que esse índice apresenta para a distinção espacial de zonas de saturação superficial nas paisagens. Valores elevados representam maior umidade no solo e estão associados às áreas baixas e planas do relevo, possibilitando a identificação de solos com caráter hidromórficos. As classes do ITU com valores mais baixos representam condições de boa drenagem (MOORE et al., 1993; SILVEIRA, 2010; NOWATZKI, 2013). A equação que permitiu obter o ITU é apresentada na Tabela 7, onde **As** é a área de contribuição e **tanß** é a declividade expressa em radianos (SIRTOLI et al., 2008; SILVEIRA, 2010).

Tabela 7: Equação utilizada para obter o ITU e suas respectivas classes.

Equação: ITU=(As/tanß)		
Valor de ITU	**Classe temática**	**Indicativo**
2.510 a 4.290	ITU 1	Menor acúmulo hídrico
4.290 a 8.305	ITU 2	
8.305 a 11.140	ITU 3	Maior acúmulo hídrico

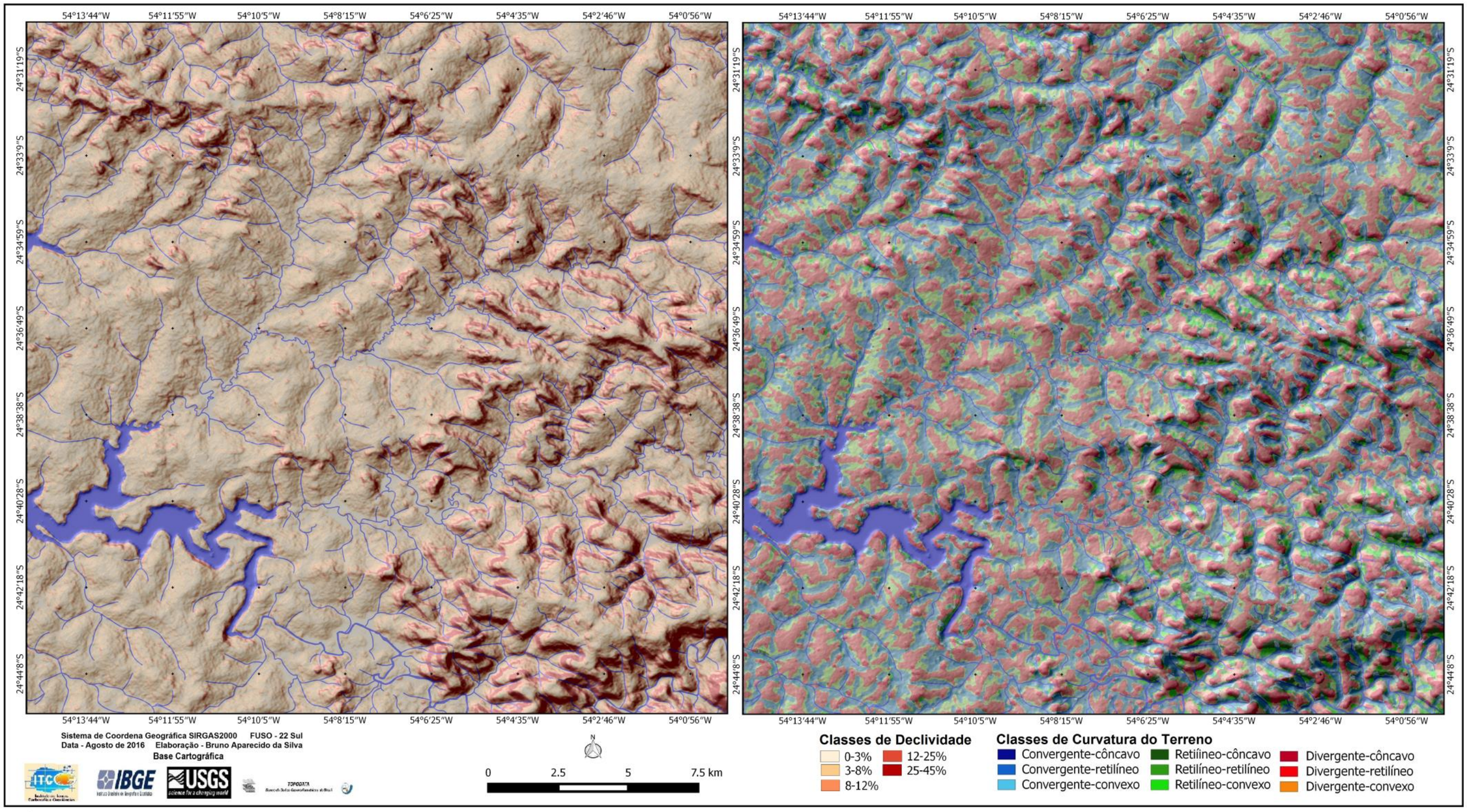

Figura 5: Representação temática dos atributos primários.

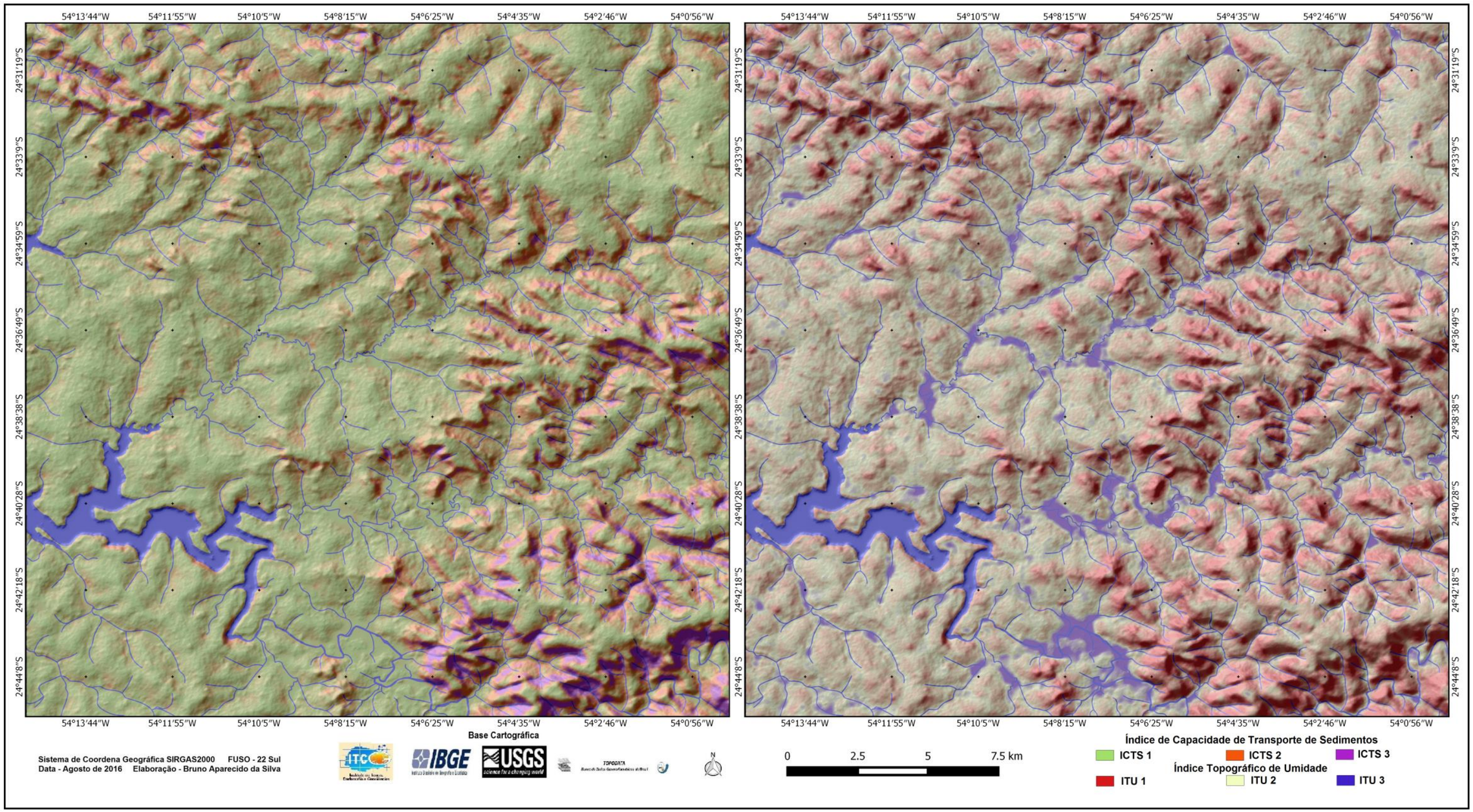

Figura 6: Representação temática dos atributos secundários.

O ICTS indica áreas com possível rejuvenescimento do solo (SILVEIRA, 2010). Quanto maior a declividade do terreno e mais alto valor da área de contribuição, maior será a capacidade de transporte de sedimentos e, consequentemente, os solos formados nessa condição serão menos desenvolvidos. Deste modo, valores mais elevados representam as áreas com maior potencial erosivo. Esse índice é obtido a partir da equação apresentada na Tabela 8. Onde **As** é a área de contribuição e **senβ** é a declividade expressa em radianos (SILVEIRA, 2010).

Tabela 8: Equação utilizada para obter o ICTS e suas respectivas classes.

Equação: $ICTS=(As/22.13)^{0,6} \times (sen\beta/0,0896)^{1,3}$

Valor de ITU	Classe temática	Indicativo
0 a 1.238	ICTS 1	Menor potencial erosivo
1.238 a 3.405	ICTS 2	
3.405 a 78.925	ICTS 3	Maior potencial erosivo

3.3.3 – Cruzamento entre os atributos topográficos

O mapa digital de solos foi gerado a partir do cruzamento entre atributos topográficos primários e secundários, utilizando o aplicativo ArcGis 10.4, por meio da função *Spatial Analyst*. Foram atribuídos pesos a cada classe do atributo que representassem a importância de uma informação em relação à outra, considerando o potencial de atuação da morfogênese e pedogênese (SILVEIRA, 2010). Os pesos estabelecidos representaram a interação entre os atributos topográficos do terreno e os processos de formação dos solos na área estudada. Definiram-se três níveis hierárquicos (Tabela 9):

- Peso 1: a pedogênese prevalece sobre a geomorfogênese, associando-se aos segmentos de topos planos e alongados, vertentes extensas com formas suaves onduladas (declividade até 8%);

- Peso 2: a influência da pedogênese sobre a geomorfogênese diminui, associando-se aos segmentos de vertente com formas onduladas (declividade 8-20%);

- Peso 3: a geomorfogênese prevalece sobre a pedogênese, associando-se aos setores da paisagem com formas forte onduladas (declividade 20-45% e >45%).

Tabela 9: Síntese das classes e pesos dos atributos topográficos cruzados.

Cruzamento entre os atributos topográficos					
Variável	**Classes**	**Pesos[1]**	**Variável**	**Classes**	**Pesos**
Declividade X Índice de Capacidade de Transporte	0-3	1	**Curvatura X Índice de Umidade**	C-Cv	3
				C-R	3
	3-8	2		C-Cx	3
				R-Cv	3
	8-20	2		R-R	1
				R-Cx	1
	20-45 e >45%	3		D-Cv	1
				D-R	1
				D-Cx	1
	ICTS 1	1		ITU 1	3
	ICTS 2	2		ITU 2	2
	ICTS 3	3		ITU 3	1

Obs: [1]Pesos estabelecido entre relação Morfogênes/Pedogênese. D-Cv Divergente-Côncavo, D-R Divergente-Retilíneo, D-Cx Divergente-Convexo, R-Cv Retilíneo-Côncavo, R-R Retilíneo-Retilíneo, R-Cx Retilíneo-Convexo, C-Cv Convergente-Côncavo, C-R Convergente-Retilíneo e C-Cx Convergente-Convexo.

Após a definição e associação dos pesos à cada classe, procedeu-se com o cruzamento entre os mapas temáticos de declividade (D) e ICTS e, em seguida, o mapa temático de curvatura (C) com o mapa temático de ITU, gerando novas informações que foram cruzadas para gerar o Mapa Digital de Solos, a partir da equação[4] apresentada a seguir. Por fim, foram geradas 4 unidades de mapeamento, as quais, posteriormente, foram associados às classes de solos encontradas na área de estudo.

$$\mathbf{MDS = (D \times ICTS) \times (C \times ITU)}$$

3.4 – VALIDAÇÃO EM CAMPO

A validação do MDS e MCS compreendeu 160 pontos de amostragem, gerados aleatoriamente no SIG *Qgis 2.10* (Anexo – Tabela 16). Para garantir o acesso aos pontos de validação no campo, definiu-se um *buffer* de 100 metros

[4] Procedimentos adotados por Silveira (2010), Silveira et al. (2012 e 2013) e Nowatzki (2013).

margeando as principais estradas da região. Todas as classes de solos mapeadas foram abrangidas no buffer. Para a confirmação das classes de solos, foram utilizados trado holandês, enxada, fita métrica, SiBCS e aparelho GNSS.

Ao final da validação, as informações coletadas em campo foram organizadas numa planilha para posterior avaliação estatística do MCS e MDS, tais como erros de inclusão e omissão, erros do ponto de vista do usuário, erros do ponto de vista do produtor, e a exatidão global dos produtos gerados (Tabela 10). De forma complementar, foi avaliada a correspondência espacial entre o MDS e o MCS, a partir do cruzamento das informações de cada mapa no SIG Arcgis 10.4.

Tabela 10: Matriz de erros referente ao Mapa Digital de Solos.

Matriz de Erros		**MDS**				
		A	B	***∑l(i)***	***Eom(i)***	***EP***
Realidade ou Mapa Convencional	A	*m(i,i)*	...	...	...	
	B	...	*m(i,i)*	...	...	
	∑c(i)	...	...			
	Eic(i)	...	...	*mt*		*EG = ...*
	EU					

Equações:

a) Eic(i)=(∑c(i)-m(i,i))/∑c(i)
b) EU = (m(i,i)/∑c(i))*100
c) Eom(i)=(∑l(i)-m(i,i)/∑l(i)
d) EP = (m(i,i)/∑l(i))*100
e) *EG = ∑mc/mt*

Eic – Erros de inclusão, ***∑c(i) –*** Somatório da coluna**, *m(i,i)* -** elementos da diagonal da linha ***(i)*** da matriz de erros; ***EU*** – Ponto de vista do usuário ***Eom(i)*** – Erros de omissão, ***∑ -*** Somatório da linha, ***m(i,i)*** - elementos da diagonal da linha ***(i)*** da matriz de erros*;* ***EP*** – Ponto de vista do produtor; ***EG –*** Exatidão global, ***∑mc*** – Somatório de elementos da diagonal da linha ***(i)*** da matriz de erros corretamente classificados, ***mt*** – Total de elementos (pontos). **Fonte**: Adaptado de Centeno (2003), Silveira (2010) e Nowatzki (2013).

4 - APRESENTAÇÃO E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

4.1 – APRESENTAÇÃO DOS RESULTADOS

4.1.1 – Mapeamento Convencional de Solos

O Mapa Convencional de Solos, em escala 1:50.000, apresentou 4 unidades de mapeamento. Essas, após a descrição de campo, foram classificadas conforme suas respectivas classes de solos: LV, NV, GX+RY e RR+RL+CX (Figura 7).

Os Latossolos Vermelhos ocupam 29,3% da área estudada (Tabela 11). No Compartimento Geomorfológico de Foz do Iguaçu e de Cascavel os LV ocupam os setores de interflúvio alongados, >300 metros de comprimento e formas planas de relevo. Vertentes em que a declividade não excede aos 6% os LV estendem-se até a média vertente, onde ocorrre a transição para os NV. Isso não se repete no Compartimento Geomorfológico de São Francisco, no qual a distribuição dos LV restringe-se apenas aos setores de interflúvio maiores que 300 metros de comprimento.

Tabela 11: Proporção da distribuição de cada classe mapeada.

MAPA DE SOLOS CONVENCIONAL		
	1:50.000	**1:250.000***
Classe	**Área (%)**	**Área (%)**
LV	29,3	35,0
NV	32,1	51,1
RR+RL+CX	31,6	12,4
GX+RY	6,9	1,5

*Mapeamento Convencional de Solos realizado pela Embrapa (1984).

Quanto à morfologia dos LV, apresenta-se em cores avermelhadas, textura argilosa, estrutura em blocos angulares a subangulares pequenos de consistência firme (horizonte Ap) à estrutura de blocos subangulares, os quais se desfazem em estrutura granular, característico dos horizonte Bw (Anexo).

Os Nitossolos Vermelhos são a classe de solos mais representativa (32,1%). A distribuição dessa classe está associada à segmentos variando de alta, média vertente e até baixa vertente ou fundo de vale, à formas de relevo suave ondulada à ondulada, declividades entre 8% à 20% no Compartimento de Foz do Iguaçu e de Cascavel e 3% a 20% no Compartimento de São Francisco.

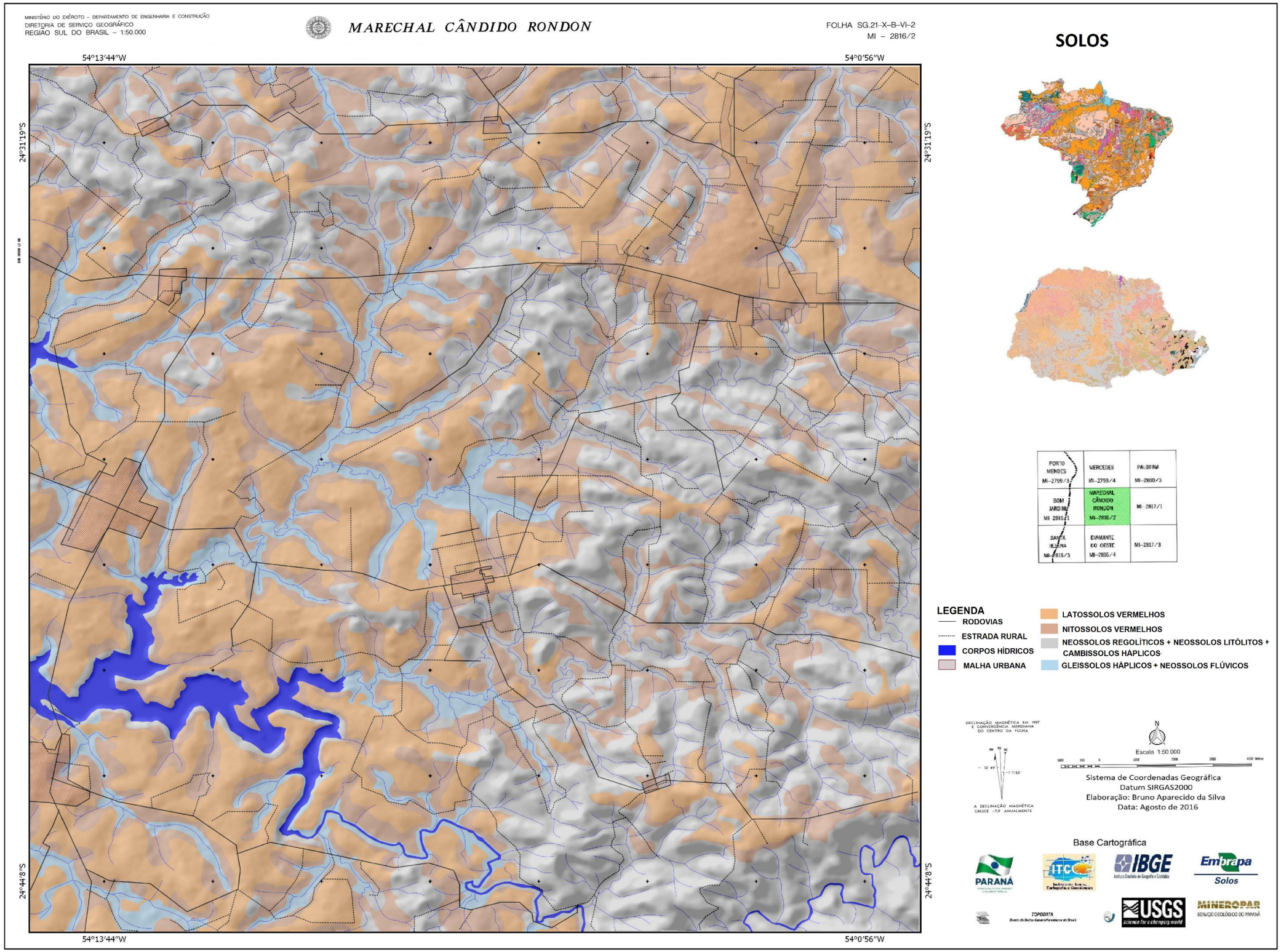

Figura 7: Mapa Convencional de Solos da área de estudo.

Os NV apresentaram cores avermelhadas, textura argilosa, estrutura em blocos angulares médios à grandes em todo o perfil e presença de cerosidade moderada e comum no horizonte Bnítico.

A associação entre os Gleissolos Háplicos e os Neossolos Flúvicos (6,9% da área) está relacionada aos setores de fundo de vale planos e abertos. São encontradas principalmente no Compartimento Geomorfológico de Foz do Iguaçu e em algumas manchas esparças no Compartimento Geomorfológico de Cascavel, conforme observado durante as observações e descrições de campo. A primeira classe restringe-se à setores planos nos fundos de vale, enquanto que os RY são característicos de área de terraço fluvial. Em ambos os setores as declividades não ultrapassam a classe de 0-3%.

A descrição morfológica dos GX apresentou sinais de hidromorfia e mosqueamento. As cores descritas variaram entre 2.5Y à 5Y, textura argilossiltosa, mosqueado e desenvolvimento de estrutura nos horizontes subsuperficiais. Quanto à morfologia do RY, foi possível descrever a cor, textura e constatar sinais de mosqueamento, uma vez que não foi possível abrir trincheira para descrição morfológica.

A distribuição da associação entre os Neossolos Regolíticos, Neossolos Litólicos e Cambissolos Háplicos representa 23,4% da área de estudo e é comumente encontrada em setores da paisagem com declividades superiores a 20%, em interflúvios curtos ou em fundos de vale onde os processos pedogenéticos não são predominantes. Esse padrão de distribuição é característico nos Compatimentos Geomorfológicos de Foz do Iguaçu e de Cascavel. No Compartimento Geomorfológico de São Francisco, por sua vez, essa associação de solos é encontrada tanto nos interflúvios, alta, média e baixa vertente, quanto nos fundos de vales.

Quanto à morfologia desses solos, os RR apresentaram matizes variando entre 5YR e 10YR, textura argilosa e a presença de blocos subangulares de consistência friável. A descrição dos RL demonstrou matiz de 2.5YR, textura argilosa e presença de blocos subangulares e os CX apresentaram matiz de 2.5YR, textura argilosa, estrutura granular à blocos subangulares a angulares friáveis.

4.1.2 – Atributos topográficos primários e secundários

Neste item apresentam-se os resultados referentes aos atributos topográficos, tais como altimetria, declividade, curvatura do terreno, índice de umidade topográfica e índice de capacidade de transporte de sedimentos. No caso da altimetria, embora não tenha sido utilizada para predizer a distribuição dos solos na paisagem, é um atributo importante para compreender a organização espacial e a variação das caracteristicas morfológicas e químicas dos solos, conforme descritas no texto.

As áreas mais rebaixadas do relevo restringem-se ao Compartimento Geomorfológico de Foz do Iguaçu, altitudes entre 210 e 240 metros (Figura 8). As cotas intermediárias associam-se ao Compartimento Geomorfológico de São Francisco, predominando cotas altimétricas entre 270 a 420 metros e alguns setores acima de 480 metros, à leste da Folha. Os setores mais elevados são encontrados à leste e nordeste do Compartimento Geomorfológico de Cascavel, com predomínio de altitudes entre 390 a 480 metros e algumas áreas entre 480 a 510 metros de altitude. Sendo assim, a amplitude topográfica geral da área representa um desnível topográfico de 300 metros.

No compartimento geomorfológico de Foz do Iguaçu, a dissecação fraca do relevo reflete o predomínio de formas planas e suave à onduladas. A declividade possui entre 0 e 8%, representando 70% do compartimento, conforme é apresentado no Quadro 1. Essas classes de declividade estão distribuídas ao longo dos interflúvios, segmentos de alta vertente e fundos de vales. Apenas 30% da área desse compartimento está relacionada às classes de declividade maiores que 8%, associadas aos segmentos de alta, média e baixa vertente.

O compartimento de São Francisco apresenta dissecação média e é composto por formas de relevo onduladas a forte onduladas. Representa mais de 60% desse compartimento, as quais estão associadas à segmentos de alta, média e baixa vertentes e fundos de vales em forma de V, com declividade maiores que 8%. Somente 6,3% desse compartimento está associado à formas de relevo plana, relacionadas aos setores de interflúvio e alguns fundos de vale.

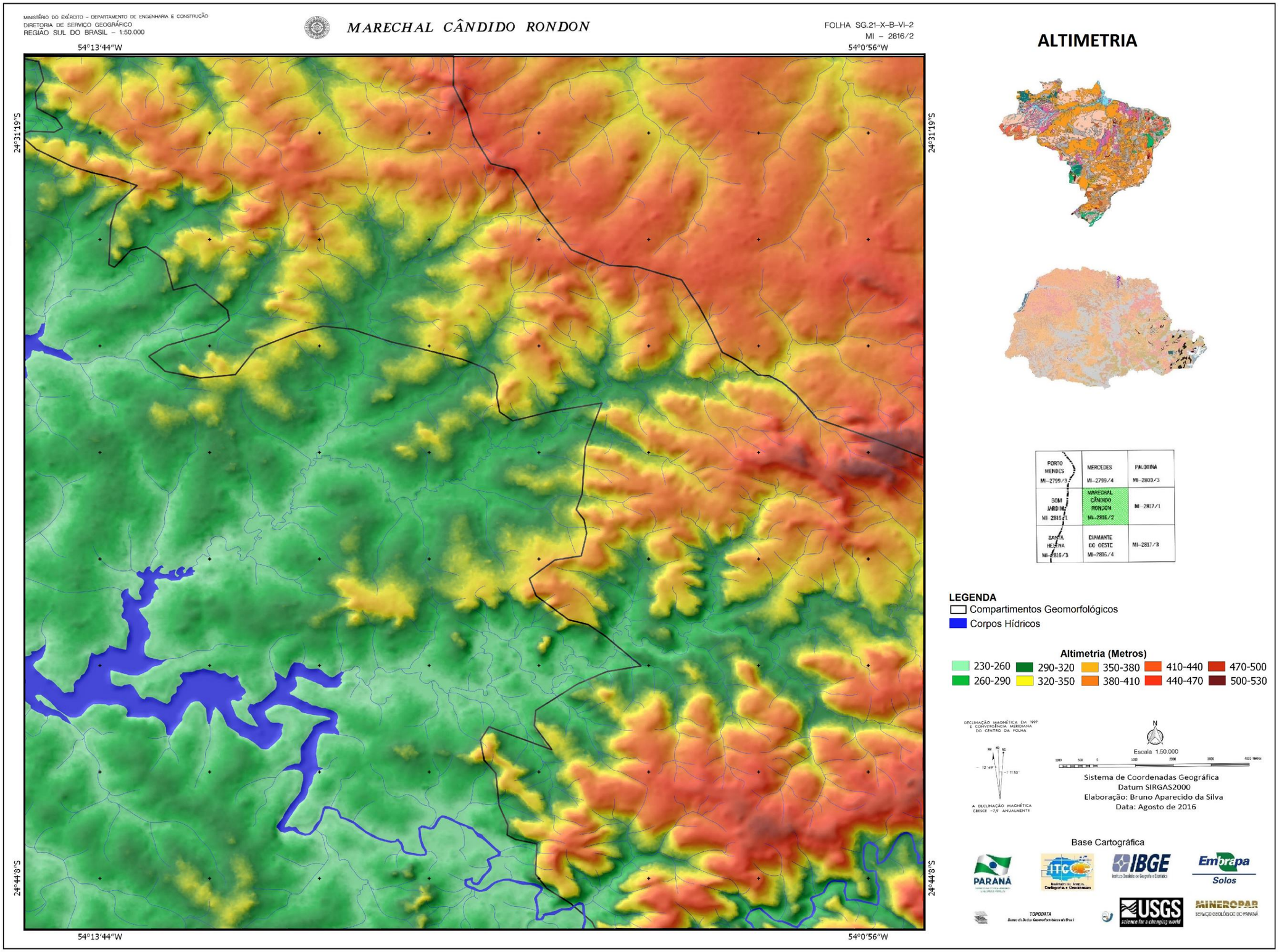

Figura 8: Mapa altimétrico da área de estudo.

O Compartimento Geomorfológico de Cascavel apresenta predomínio de formas planas e suave onduladas e classes de declividade inferiores a 8% (53,7% do compartimento), associadas aos segmentos de interflúvios, alta vertente e alguns fundos de vales abertos. Os outros 46,1% do compartimento apresenta classes de declividade entre 8% a 45% e >45%, caracterizados por formas de relevo onduladas a forte onduladas, associadas aos segmentos de alta, média e baixa vertente, fundos de vales e interflúvios curtos (Figura 9).

Quadro 1: Percentual dos atributos topográficos em seus compartimentos.

Atributos Topográficos Primários								
Comp. de Foz do Iguaçu	**Altimetria**	**Classes**	**Área %**	**Declividade**	**Classes**	**Área %**	**Curvatura do Terreno**	**Classes**	**Área %**
		210-240	19,34		0-3	16,7		C-Cv	8,4
		240-270	45,93		3-8	53,1		C-R	26,5
		270-300	26,56					C-Cx	1,2
		300-330	7,27		8-20	27,9		R-Cv	2,3
		330-360	0,7					R-R	17,7
		360-390	0,05		20-45 à >45	1,96		R-Cx	1,3
								D-Cv	2,5
Comp. de São Francisco	**Altimetria**	**Classes**	**Área (%)**	**Declividade**	**Classes**	**Área %**	**Curvatura do Terreno**	**Classes**	**Área %**
		210-240	0,05					C-Cv	14,9
		240-270	4,21		0-3	6,3		C-R	18,3
		270-300	17,87					C-Cx	3,8
		300-330	24,04		3-8	29,3		R-Cv	6,3
		330-360	17,77					R-R	10,8
		360-390	16,35		8-20	48,6		R-Cx	4,5
		390-420	11,84					D-Cv	6,3
		420-450	4,48		20-45 à >45	15,6		D-R	20,1
		450-480	2,72					D-Cx	14,6
		480-510	0,65						
Comp. de Cascavel	**Altimetria**	**Classes**	**Área (%)**	**Declividade**	**Classes**	**Área %**	**Curvatura do Terreno**	**Classes**	**Área %**
		300-330	3,45		0-3	15,2		C-Cv	8,2
		330-360	13,16					C-R	25,1
		360-390	25,3		3-8	38,5		C-Cx	1,2
		390-420	41,22					R-Cv	2,5
		420-450	13,98		8-20	43,4		R-R	19,7
		450-480	2,17					R-Cx	1,5
		480-510	0,72		20-45 à >45	2,7		D-Cv	2,2
								D-R	32,8
								D-Cx	6,4

Obs.: D-Cv Divergente-Côncavo, D-R Divergente-Retilíneo, D-Cx Divergente-Convexo, R-Cv Retilíneo-Côncavo, R-R Retilíneo-Retilíneo, R-Cx Retilíneo-Convexo, C-Cv Convergente-Côncavo, C-R Convergente-Retilíneo e C-Cx Convergente-Convexo.

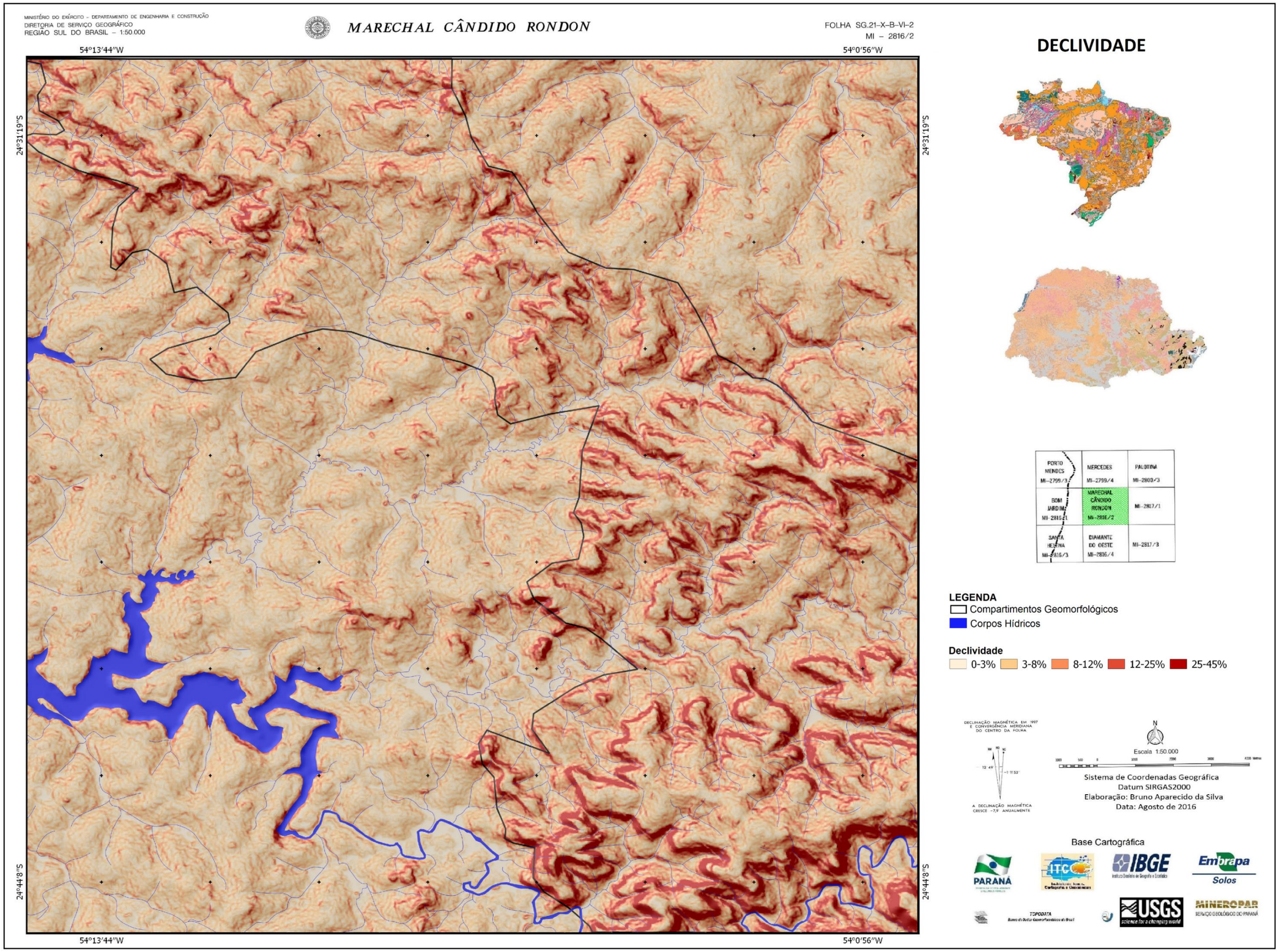

Figura 9: Mapa de declividade da área de estudo.

Outro atributo topográfico primário utilizado para predizer as classes de solos na area de estudo refere-se à curvatura do terreno (Figura 10). Foram utilizadas as seguintes classes: Convergente-côncava, Convergente-retilínea, Convergente-convexa, Retilínea-côncava, Retilínea-retilínea, Retilínea-convexa, Divergente-côncava, Divergente-retilínea e Divergente-convexa. As classes de curvatura mais representativas no Compartimento Geomorfológico de Foz do Iguaçu são Convergente-retilíneas (fundo de vale) e Retilínea-retilíneas (interflúvios), juntas representam 44,2% na área em questão (Quadro 2).

Quadro 2: Percentual dos atributos topográficos em seus compartimentos.

Atributos Topográficos Secundários						
Comp. de Foz do Iguaçu	**Índice de Transporte de Sedimentos**	**Classes**	**Área %**	**Índice de Umidade**	**Classes**	**Área %**
		ICTS 1	87,6		ITU 1	32,5
		ICTS 2	9,7		ITU 2	48,7
		ICTS 3	2,5		ITU 3	18,8
Comp. de São Francisco	**Índice de Transporte de Sedimentos**	**Classes**	**Área %**	**Índice de Umidade**	**Classes**	**Área %**
		ICTS 1	12,4		ITU 1	74,6
		ITCS 2	29,1		ITU 2	14,6
		ITCS 3	58,5		ITU 3	10,5
Comp. de Cascavel	**Índice de Transporte de Sedimentos**	**Classes**	**Área %**	**Índice de Umidade**	**Classes**	**Área %**
		ICTS 1	50,5		ITU 1	45,5
		ICTS 2	45,7		ITU 2	50,6
		ICTS 3	3,8		ITU 3	3,9

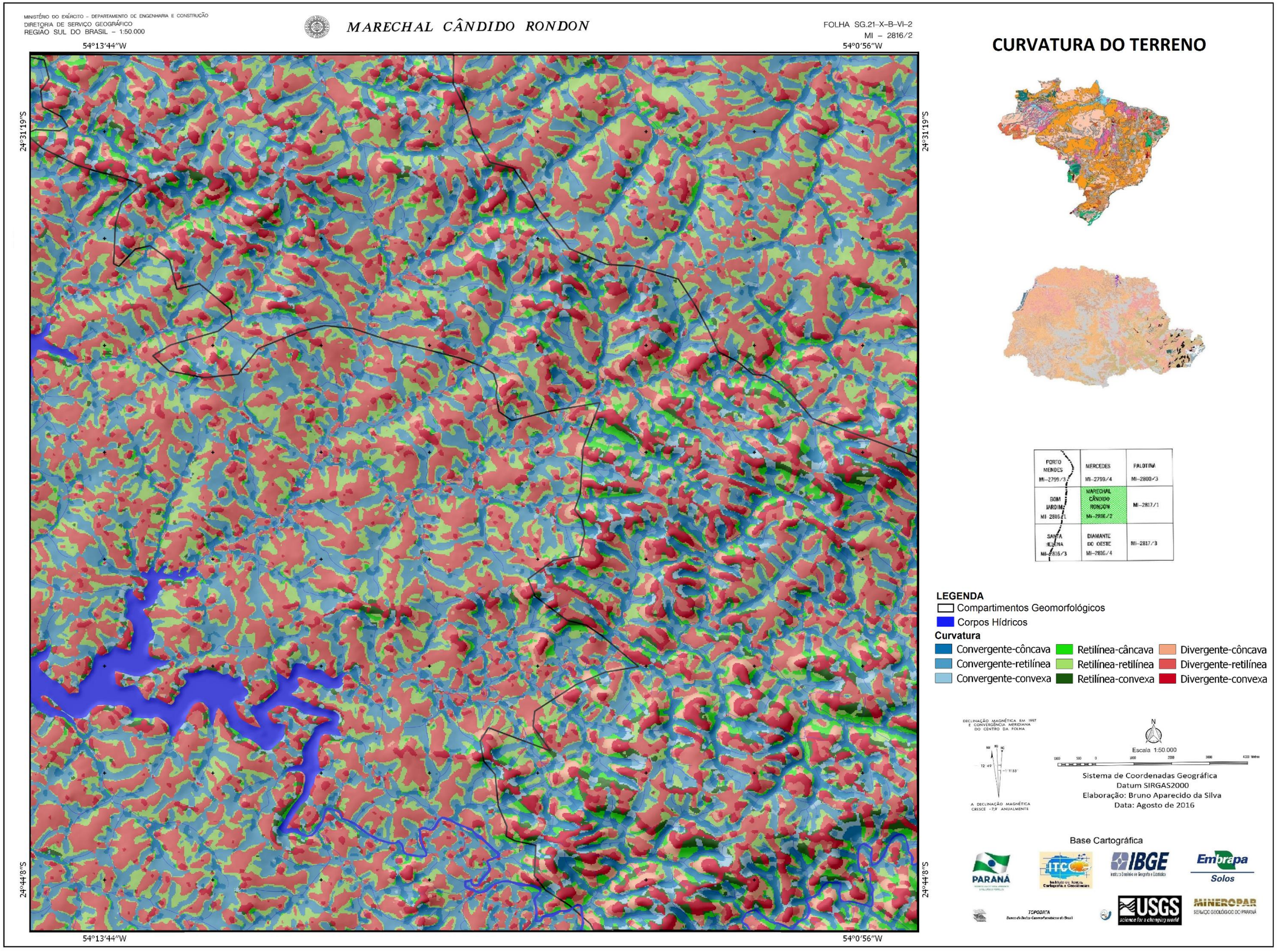

Figura 10: Mapa de curvatura do terreno da área de estudo.

No Compartimento Geomorfológico de São Francisco predominam, em 78,7% da área, formas Convergente-côncavas, Convergente-retilíneas, Retilínea-retilíneas, Divergente-retilíneas e Divergente-convexas. Essas formas estão associadas principalmente aos segmentos de alta, média e baixa vertentes e fundo de vale. Por fim, no Compartimento Geomorfológico de Cascavel, são encontradas formas Convergente-retilíneas, Retilínea-retilíneas e Divergente retilíneas em 77,6% do compartimento.

O ICTS foi discretizado em três classes (Figura 11). As classes 1 e 2 representam, respectivamente, baixa e intermediária capacidade de transportar sedimentos e compõem 97,3% do Compartimento de Foz do Iguaçu. No Compartimento de Cascavel, a representatividade dessas classes diminui para 96,2% da área com baixa e intermediária capacidade de transporte de sedimentos. Enquanto que, no Compartimento de São Francisco, as condições geomorfológicas condicionam que 58,5% da área possua alta capacidade de transportar de sedimentos.

O comportamento da taxa de distribuição do ITU apresenta semelhanças nos Compartimentos Geomorfológicos de Foz do Iguaçu e de Cascavel. No primeiro compartimento constatou-se que 81,2% da área estão associados às classes ITU 1 e 2.

A representatividade das classes de ITU 1 e 2 demonstram baixa e intermediária capacidade para saturação hídrica da paisagem, enquanto que 18,8% da área apresenta alta capacidade de saturação hídrica (Figura 12). No Compartimento de Cascavel os valores morfométricos do terreno indicaram que 96,1% da área apresenta baixa e intermediária capacidade para saturação hídrica e apenas 3,9% alta capacidade de saturação, pois está associada à classe ITU 3.

Por fim, o Compartimento de São Francisco, onde 10,5% da área apresenta alta capacidade para saturação hídrica, enquanto que 89,2% dessa área apresentam baixa a intermediária capacidade para saturação hídrica. Esses valores caracterizam-se como importantes indicativos para a predominância de solos que são desenvolvidos em condições de boa drenagem ou drenagem excessiva, o que é mais comum a esse compartimento, pois 74,6% da área apresenta ITU 1.

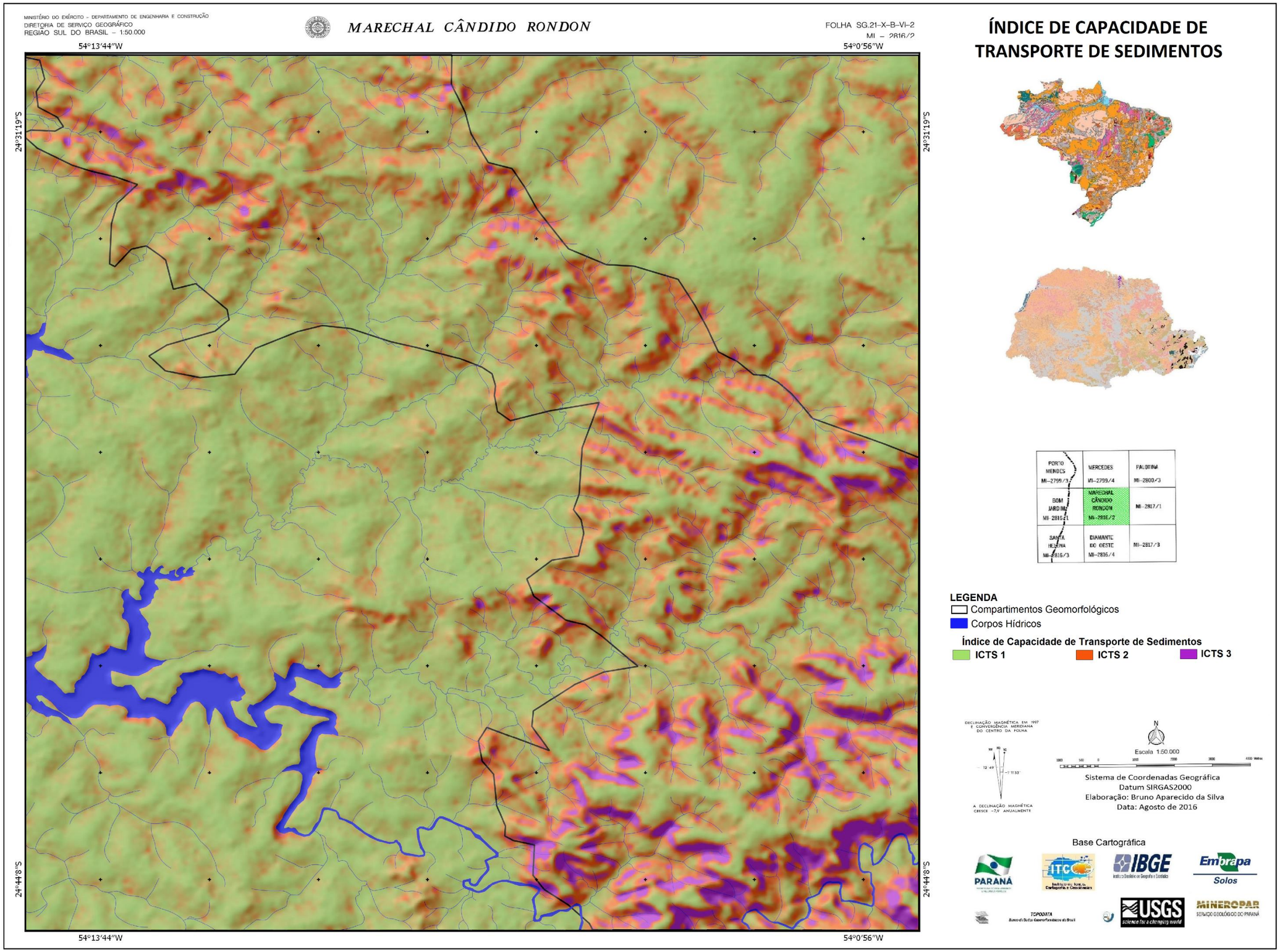

Figura 11: Mapa de índice de capacidade de transporte de sedimentos.

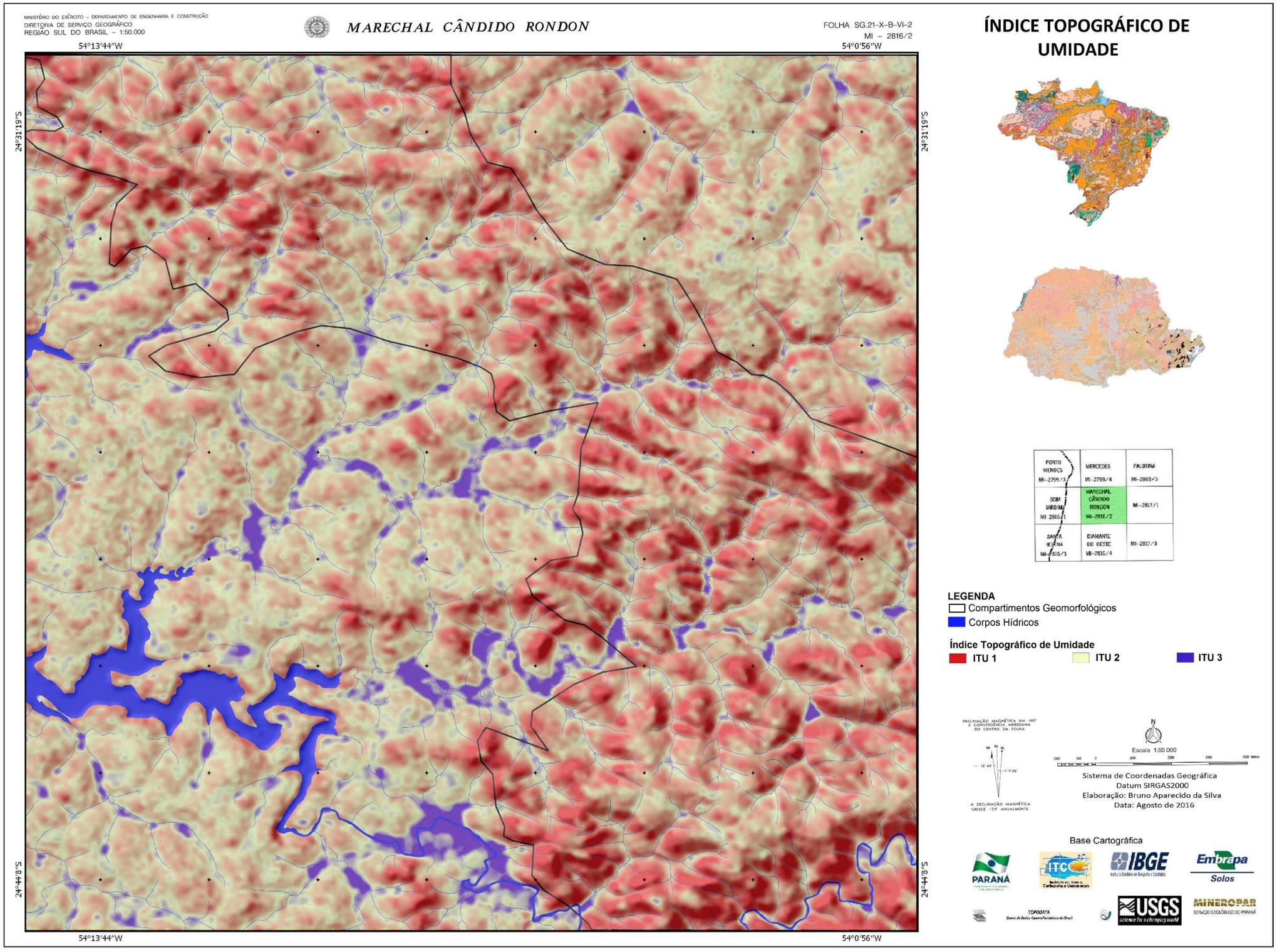

Figura 12: Mapa de índice topográfico de umidade.

4.1.3 – Atributos topográficos e a distribuição das classes do MDS

A seguir é apresenta a relação entre os solos do MDS com a disposição das classes de declividade, curvatura, ICTS e ITU.

A técnica do MDS distinguiu 4 unidades de mapeamento. Essas foram associadas aos Latossolos Vermelhos, Nitossolos Vermelhos, associação entre Neossolos Regolíticos + Neossolos Litólicos + Cambissolos Háplicos e associação entre os Gleissolos Háplicos + Neossolos Flúvicos (Figura 13). A caracterização da distribuição das classes de solos do MDS por Compartimento Geomorfológico não será apresentada, pois assemelha-se à distribuição das classes de solos do mapa convencional.

Os LV, representando 28,4% da área, estão associados às classes de declividade de até 6%, curvaturas Divergente-retilíneas e Retilínea-retilíneas, classes ICTS 1 e 2, representando estabilidade do terreno, e ITU 2 (Tabela 12). Essas características morfológicas do terreno demonstram, numa avaliação generalizante, que a dinâmica hídrica no perfil tende a ser vertical, favorecendo a atuação de processos pedogenéticos que condicionam perfis de intemperismo profundos (>2 metros), cores avermelhadas e desenvolvimento de estrutura.

Tabela 12: Relação entre a distribuição dos solos e os atributos topográficos do terreno.

MAPA DIGITAL DE SOLOS						
Classe	**Área (Km^2)**	**Área (%)**	**Declividade**	**Curvatura**	**ICTS**	**ITU**
LV	196,1	28,4	0-6%	D-R, R-R e C-R	ICTS 1 e ICTS 2	ITU 2
NV	244,0	35,3	6-10%	C-R, C-Cx D-R, R-R, D-Cx e C-Cv	ICTS 1 e ICTS 2	ITU 1 e ITU 2
RR+RL+CX	239,1	34,6	8 a 45%	Todas as Classes	ICTS 2 e ICTS 3	ITU 1 e ITU 2
GX+RY	11,7	1,7	0 a 3%	C-Cv e C-R	ICTS 1	ITU 3

Os NV representam mais de 35% do MDS e estão associados, principalmente, a declividades entre 6 e 20%, em alguns casos inferiores à 6% de declividade e a formas Convergentes, Divergentes e Retilíneas. Assim como os LV, os NV associam-se às classes de ICTS 1 e 2, representando áreas da paisagem onde a remoção de material intemperizado é menos intensa (ICTS 3 são áreas com maior potencial de remoção de material intemperizado).

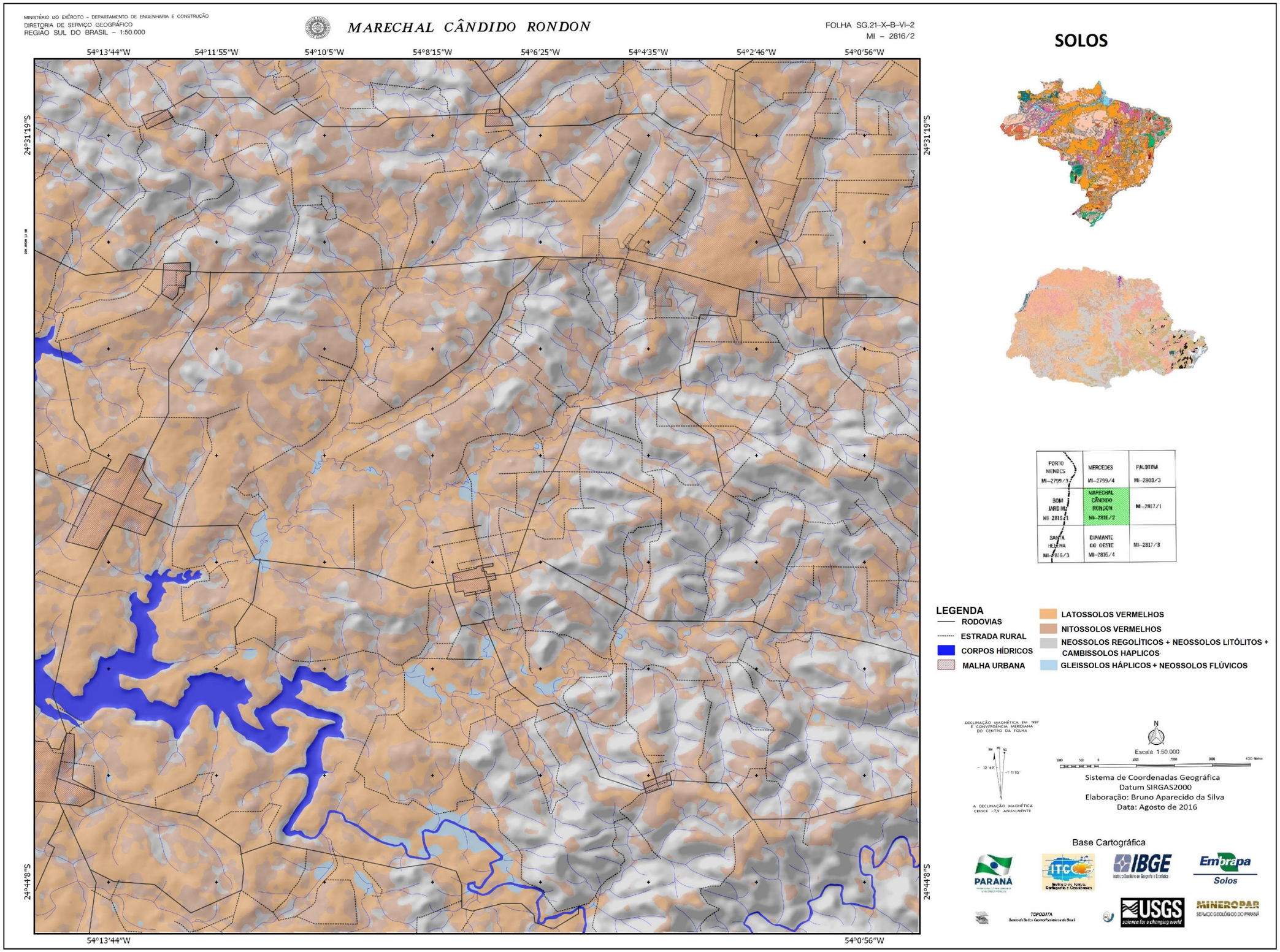

Figura 13: Mapa Digital de Solos da área de estudo.

É comum aos NV estarem associados a classes de ITU 1 e 2, caracterizando condições de boa drenagem. Devido à diferenciação da configuração dos atributos topográficos, forma do terreno e declividade, a dinâmica hídrica no perfil de solo tende a se modificar, adquirindo orientação vertical e horizontal. Com isso, os processos pedogenéticos se modificam em relação às condições morfométricas do terreno associadas aos LV. No entanto, vale destacar que, essas duas classes de solos estão associadas aos setores mais estáveis da paisagem, conforme demonstraram os dados e a validação de campo, confirmando que a pedogênese é mais ativa em relação à morfogênese, nesses locais.

As associações entre os solos rasos, RR+RL+CX, representam 34,6% da área de estudo. É comum a esses solos, condições do terreno mais instáveis, ou seja, declividades superiores a 20%, ICTS 3, ITU 1, representando áreas em que a morfogênese se sobrepõe à pedogênese. Tal afirmação pode ser visualizada em campo, a partir da caracterização morfológica dos solos, onde foi constatada a ausência de horizonte diagnóstico e desenvolvimento de estrutura nos horizontes. Também é observado cromas mais baixos e presença de material de origem em estágio inicial de meteorização. Ressalta-se, no entanto, que essas classes de solos podem ocorrer em áreas onde a declividade é inferior à 8%, como já apresentado neste texto.

Por fim, os solos com caráter hidromórfico e flúvico. Apenas 1,7% da área foi mapeada como sendo associação entre GX+RY. Isso é reflexo das características morfométricas do terreno aos quais esses solos estão associados às condições específicas nos setores de fundo de vale. Os resultados demonstraram que é comum a esses solos, classes de declividade entre 0% a 3%, formas do terreno Convergente-côncavas e Convergente-retilíneas, ICTS 1 e ITU 3. Este último atributo topográfico, juntamente com a declividade, foi determinante para a identificação de áreas onde podem ocorrer solos hidromórficos, assim como flúvicos. De modo geral, a associação dessas classes dos atributos topográficos, demonstrou a ocorrência de processos pedogenéticos específicos de Gleização, opostos aos discutidos anteriormente, tal como a Ferratilização e Dessilicação, principalmente, conforme constatado em campo e a partir da interpretação dos dados.

4.1.4 – Álgebra de mapas e validação de campo

Este subitem apresenta informações referentes à validação de campo e álgebra entre o MDS e MCS.

No que se refere à validação de campo, os resultados apontaram o MCS como sendo mais condizente com a realidade de campo. Dos 160 pontos observados, 122 foram mapeados corretamente no MCS, representando exatidão de 76,3% (Tabela 13), enquanto que para o MDS 115 pontos foram mapeados corretamente, de modo que a confiabilidade desse mapa é entorno de 71,9% com a realidade, conforme validação de campo.

A avaliação individual de cada unidade apresentou os seguintes resultados:

De modo geral os valores de EU mostraram satisfatórios, onde os valores superaram os 65%, algo que se repetiu para os resultados de EP. De modo geral, a classe dos NV obteve valor de EP mais baixo (65,0%), isso acontece porque foram associados 21 pontos representando outras classes de solos. Tal confusão é explicada pelo fato de que os NV apresentam situações topográficas de distribuição semelhantes aos LV (alta vertente) e RR+RL+CX (vertentes com declividades superiores à 8%).

Tabela 13: Matriz de erros referente ao MCS e realidade de campo.

Matriz de Erros		**MCS**						
		LV	NV	GX+RY	RR+CX+RL	**Total**	**Eom**	**EP**
Realidade	LV	30	2	2	0	**34**	**11,8%**	**88,2**
	NV	7	39	4	10	**60**	**35,0%**	**65,0**
	GX+RY	0	1	13	0	**14**	**7,1%**	**92,9**
	RR+RL+CX	3	9	0	40	**52**	**23,1%**	**76,9**
	Total	**40**	**51**	**19**	**50**	**Tp = 160**		
	Eic	**25,0%**	**23,5%**	**31,6%**	**20,0%**			
	EU	**75,0**	**76,5**	**68,4**	**80,0**	**EG = 76,3%**		

No que se refere à avaliação das classes e associações obtidos a partir do MDS, os resultados de EU mostraram-se satisfatórios, dos quais todos superaram valores de 65%, enquanto que a associação de GX+RY apresentou 100% de acerto (Tabela 14). Por outro lado, os valores de EP dessa associação é inferior a 36%, enquanto que as outras classes e associações

apresentaram valores de EP superiores à 69%, sendo que a classe dos LV obteve valores de EP superiores aos 82%. Os valores baixos de EP (35,7%) obtidos pela associação GX+RL está associada às características do terreno ao quais estes solos estão relacionados. Percebe que dos 14 pontos de GX+RL, 7 foram identificados como sendo LV. Isso é explicado pelo fato de que ambos os solos estão associados a setores com declividade entre 0% e 6% de declividade.

No que se refere à validação de campo, os resultados apontaram o MCS como sendo mais condizente com a realidade de campo. Dos 160 pontos observados, 122 pontos foram mapeados corretamente no MCS, representando exatidão de 76,3% (Tabela 12). Para o MDS, 115 pontos foram mapeados corretamente, de modo que a confiabilidade desse mapa é entorno de 71,9% com a realidade, conforme validação de campo. Quanto à avaliação individual de cada classe e associação, os resultados de EU mostraram satisfatórios, onde os valores superaram os 65%, algo que se repetiu para os resultados de EP.

Tabela 14: Matriz de erros referente ao MDS e realidade de campo.

Matriz de Erros		**MDS**						
		LV	NV	GX+RY	RR+CX+RL	**Total**	**Eom**	**EP**
Realidade	LV	29	5	0	1	**35**	**17,1%**	**82,9**
	NV	6	38	0	11	**55**	**30,9%**	**69,1**
	GX+RY	7	1	5	1	**14**	**64,3%**	**35,7**
	RR+CX+RL	2	11	0	43	**56**	**23,2%**	**76,8**
	Total	**44**	**55**	**5**	**56**		**Tp = 160**	
	Eic	**34,1%**	**30,9%**	**0,0%**	**23,2%**			
	EU	**65,9**	**69,1**	**100,0**	**76,8**		**EG = 71,9%**	

Os resultados obtidos a partir da álgebra de mapas entre o MDS e o MCS, demonstraram que dos 691.529.742 pixels totais classificados, 456.409.629 pixels corresponderam espacialmente, representando EG de 66%. A associação entre RR+RL+CX apresentou melhor correspondência espacial (EU = 82,1%), enquanto que a associação entre GX+RY apresentou resultados não satisfatórios para EU (30,7%). Quanto aos valores de EP, os resultados mais satisfatórios estão relacionados aos GX+RY, RR+RL+CX e LV (72,7%, 71,8% e 70,9%, respectivamente) (Tabela 15).

Tabela 15: Matriz de erros referente ao MDS e MCS.

Matriz de Erros		MDS						
		LV	NV	GX+RY	RR+RL+CX	**Total**	**Eom**	**EP**
MCS	LV	150.430.126	45.366.251	10.589.634	5.920.688	**212.306.699**	**29,1%**	**70,9%**
	NV	80.848.400	149.239.006	7.887.538	25.001.080	**262.976.024**	**43,2%**	**56,8%**
	GX+RY	866.796	2.620.335	11.035.599	655.537	**15.178.267**	**27,3%**	**72,7%**
	RR+RL+CX	4.163.225	46.126.549	6.404.861	144.374.117	**201.068.751**	**28,2%**	**71,8%**
	Total	**236.308.548**	**243.352.141**	**35.917.631**	**175.951.422**	**Tp = 691.529.742**		
	Eic	**36,3%**	**38,7%**	**69,3%**	**17,9%**			
	EU	**63,7**	**61,3**	**30,7**	**82,1**	**EG = 66%**		

4.2 - DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

O objetivo deste item é discutir os resultados alcançados na pesquisa com aqueles alcançados por outros autores. Aborda-se elementos referentes à distribuição dos solos e suas características morfológicas, dados de atributos topográficos, bem como os resultados estatísticos da validação dos mapeamentos.

Os resultados alcançados neste trabalho demonstraram que as Geotecnologias têm se tornado uma alternativa viável para superar a ausência de informações sobre a distribuição dos solos na paisagem, tal como discutido por Demattê *et al*. (2001) e Vidal-Torrado *et al.* (2005). Neste sentido, as informações oriundas dos dados *SRTM* como, declividade, curvatura da vertente e índices topográficos secundários extraídos a partir de aplicativos de SIG, adquirem papel fundamental para os mapeamentos de solos, com base na relação solo-relevo (IPPOLITI *et al.,* 2005 e CHAGAS, 2006).

Assim como na presente pesquisa foi possível corroborar a afirmação anterior, Aguilar-Muñoz (2009) contribuiu com a discussão solo-relevo a partir da aplicação de técnicas da Pedometria para elaborar mapas de solos em escala detalhada. Autilização de informações oriundas de variáveis topográficas, extraídas de imagens SRTM, possibilitam quantificar os componentes do relevo que influenciam no desenvolvimento do solo e dos seus atributos e, com isso, inferir a sua distribuição espacial, conforme evidenciado por Moore et al. (1993), Genú (2006), Huggett (2007), Sirtoli (2008) e Silveira (2010).

O padrão de distribuição dos LV, no topo, seguidos dos NV, segmentos de alta, média e baixa vertente já havia sido observado por Magalhães (2008 e 2013), Rocha et al. (2012) e Calegari e Marcolin (2014), a partir de estudos realizados em topossequências, na área de estudo. Esses autores constataram que as formas de vertentes as quais os LV estão associados são Divergentes e Retilíneas, com relevo plano e suave ondulado, tal como descrito nesta pesquisa. Segundo Gessler et al. (2000), Nóbrega e Cunha (2001) e Kämpf e Curi (2012), é comum que os setores de topo retilíneos e planos, assim como os observados na área de estudo, apresentem condições ideais para o desenvolvimento da pedogênese em relação à geomorfogênese. Situação que se repete na alta, média e baixa vertente, considerando a morfologia da vertente. Com isso, há aumento da profundidade do perfil em função do predomínio do movimento vertical e lateral, favorecendo a formação de estrutura, cores avermelhadas (2.5YR), assim como àquelas descritas em Magalhães (2008 e 2013), Rocha (2011), Calegari e Marcolin (2014) e Marcolin (2015) e observadas durante os trabalhos de campo, reflexo dos processos de oxidação, conforme apontado por Pocay (2000) e Montanari et al. (2010).

Semelhanças foram observadas na distribuição de solos rasos como Neossolos e Cambissolos com os trabalhos de Sirtoli (2008) e Rocha et al. (2012). Esses autores descreveram que essas classes de solos estão associadas às áreas de rupturas de declive, setores de fundo de vale, ou mesmo na média vertente, quando aparecem declividades mais acentuadas. De acordo com Hall e Olson (1991) e Bigarella et al. (1996), a força erosiva causada pela concentração de água nas encostas côncavas e a remoção do material do solo pode ser bastante expressiva, promovendo um constante rejuvenescimento dos solos, corroborando as condições de formação que os solos rasos (RR+RL+CX) estão condicionados na área de estudo.

A distribuição e a morfologia dos GX, observadas e descritas em campo, apresenta semelhanças com o perfil de GX descrito por Magalhães (2008). Apresenta características plínticas, concreções e horizonte característico de ambientes hidromórficos, onde predominam declividades de até 8%, fundos de vale Convergente-côncavos e achatados. Nos segmentos de baixa vertente ocorrem processos de hidromorfia, oxirredução e concreções de

ferro e manganês, conforme destacado por Nóbrega e Cunha (2001) e Kämpf e Curi (2012).

Quanto ao comportamento dos atributos topográficos primários e secundários e sua relação com a distribuição dos solos, na área de estudo, há semelhanças com os resultados obtidos por Sirtoli (2008), Silveira et al. (2012) e Nowatzki (2013). Silveira et al (2012) identificou que os solos hidromórficos estão relacionados à baixos valores de ICTS e elevados valores de ITU, assim como a classes de declividades entre 0% a 3%, resultados que se repetem nesta pesquisa. Segundo o autor, a explicação para isso é que nesses ambientes a energia para transportar material é insuficiente, caracterizando áreas comumente associadas à depósitos e constante de saturação hídrica.

Silveira et al. (2012) também verificaram que os ambientes nos quais os valores de ICTS e ITU são baixos a intermediários (classes 1 e 2), há o predomínio de processos pedogenéticos sobre os morfogenéticos. Isto favorece a formação e evolução de horizontes B e demonstram que essas classes estão associadas, principalmente, aos setores de interflúvio, em posições de alta vertente e declividade inferiores à 8%. De modo contrário, os autores verificaram que em ambientes com valores elevados de ICTS (classe 3), ITU baixo (classe 1) e declividades superiores a 8%, expressam alto potencial de transporte de material. São relacionados aos terços intermediários das vertentes, onde prevalecem os processos morfogenéticos sobre os pedogenéticos.

Valores elevados de ITU (classe 3), também foram constatados por Moore et al. (1993), Geissler et al. (1995) e Chagas (2006). Com isso, foi possível identificar áreas com saturação hídrica, auxiliando na identificação de solos hidromórficos. Nowatzki (2013) e Silva (2016), também constataram a relação dos solos hidromórficos e flúvicos com valores de ITU elevados, declividade inferiores à 8% e ICTS 1, assim como constatado na área de estudo, onde ocorrem processos de saturação hídrica, concreções ferruginosas e mosqueamento.

Nowatzki (2013) observou que os Neossolos Litólicos e os Cambissolos, estão relacionados a classes de declividade de 45 a maiores, ICTS intermediários a altos (classe 2 e 3) e ITU 1. Embora, na área de estudo, os solos rasos não se restringem apenas à declividade >45%.

Quanto a avaliação da exatidão dos mapeamentos, com valores de exatidão global de 76,3% para MCS e 71,9% para o MDS, alguns autores obtiveram resultados próximos e inferiores aos alcançados nesta pesquisa. Chagas (2006) obteve 70,8% de concordância entre o MDS com a realidade de campo e 52,77% do MCS com a realidade de campo. Já a correspondência espacial entre o MCS e MDE, com exatidão global de 66%, obteve resultados semelhantes aos alcançados por Nowatzki (2013) na bacia hidrográfica do Rio Pequeno, que obteve uma concordância do MDS com um MCS em torno de 65%. Silva (2016), por sua vez, obteve valores de concordância entre o MDS e MCS superiores aos valores desta pesquisa, 82,2% de exatidão em mapeamento pedológico por pedometria nas bacias hidrográficas dos Rios Serra Negra, Tagaçaba e Guaraqueçaba.

A partir dos resultados alcançados, pode-se interpretar que há uma relação intrínseca entre a distribuição dos solos e os atributos topográficos. Conforme destacado por Thompson et al. (2006) e Seibert et al. (2007), o relevo é um dos principais fatores atuantes na distribuição dos solos e nos processos pedogenéticos, em determinadas regiões. Por fim, foi constatado os diferentes processos pedogenéticos, que imprimem ao solo características distintas, a partir da associação da ocorrência de determinado atributo topográfico na paisagem, em função da ocorrência espacial de processos de transportes de sedimentos, movimento e acúmulo hídrico superficial e subsuperficial no solo, que são indicados pelos atributos topográficos, conforme destacaram Moore et al. (1993), Gallant e Wilson (2000) e McBratney et al. (2003).

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A elaboração do mapa de solos a partir de metodologias convencionais utilizadas na Pedologia apresentou resultados satisfatórios. Foram incluídas classes de solos que não estavam mapeadas no levantamento de solos realizado pela Embrapa (1982), devido à escala daquele mapeamento, tais como RR, CX e RY.

A resolução espacial dos dados utilizados no trabalho mostrou-se eficaz para alcançar os objetivos propostos na escala de 1:50.000. Reflexo disso é, primeiramente, a eficiência na extração de informações morfométricas do relevo e a qualidade da representação temática dessas informações, desdobrando-se em valores elevados de correspondência espacial das classes e associações do MDS, assim como valores de exatidão global do MDS, superiores a 70%.

A caracterização dos atributos topográficos primários (Declividade e Curvatura do terreno) e secundários (Índice de Capacidade de Transporte de Sedimentos e Índice Topográfico de Umidade) mostrou-se como importante meio para que se possam obter informações a respeito da morfologia do relevo. E a partir disso, inferir diferentes processos pedogenéticos que ocorrem na paisagem, tais como gleização e latolização/dessilicação. Assim, as técnicas de Pedometria, com o uso de Geoprocessamento e Sistemas de Informação Geográfica, mostraram satisfatórias. Isso é constatado ao se comparar os resultados desta pesquisa com os de outros trabalhos.

A declividade do terreno foi fundamental para compreender a distribuição e a sequência de solos na abrangência da Folha de Marechal Cândido Rondon. Esse atributo primário possibilitou distinguir os setores da paisagem aos quais estavam relacionadas determinados solos, bem como setores de transição entre camadas de deposição do basalto.

O Índice Topográfico de Umidade possibilitou distinguir áreas relacionadas a processos hidromórficos, enquanto que o Índice de Capacidade de Transporte de Sedimentos auxiliou na separação de setores estáveis daqueles instáveis.

No que diz respeito álgebra entre o MCS e MDS, os valores alcançados superaram 60% de correspondência espacial entre as classes de

cada mapa. Os resultados da validação de campo mostraram-se satisfatórios, uma vez que a exatidão dos mapas superou a taxa dos 70% de correspondência espacial com a realidade de campo, sendo que o MCS demonstrou maior porcentagem de concordância com o que foi observado em campo. Isso se torna relevante à medida que se considera a dimensão da área de estudo, sua complexidade geomorfológica e a inexistência de mapas de solos detalhados.

O MDS mostrou-se como uma técnica eficiente para suprir a demanda de informações a respeito da distribuição das classes de solos em escala detalhada. Configura-se como um meio rápido e eficiente para suprir a demanda por inventários pedológicos.

6 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGUILAR-MUÑOZ, V. **Analise geomorfometrica de dados SRTM aplicada ao estudo das relações solo-relevo.** São José dos Campos: INPE, 2009.

ARAÚJO FILHO. J. C.; JACOMINE, P. K. T. Utilidades dos mapeamentos de solos e possíveis relações custo/benefício das iniciativas realizadas no país. In: **Boletim informativo Sociedade Brasileira de Ciência do Solo.** Viçosa: SBCS, vol.39, nº1, 2014.

AYOADE, J.O. **Introdução à climatologia para os trópicos.** Rio de Janeiro:Bertrand Brasil, 8ª ed. 2010. 332 p.

BADE, M. R. **Definição e caracterização das unidades de paisagem das Bacias Hidrográficas do Paraná III (Brasil/Paraguai).** Programa de Pós-graduação em Geografia. UNIOESTE. Dissertação de Metrado, 2014, 114p.

BHERING, S. B; *et al*. **Mapa de solos do estado do Paraná:** legenda atualizada. 2007.

BIGARELLA, J.J.; BECKER, R.D.; SANTOS, G.F. **Estrutura e origem das paisagens tropicais e subtropicais.** Florianópolis: Editora da UFSC, V. II, 1996.

BOCKHEIM, J.G. *et al.* Historical development of key concepts in pedology. **Geoderma**, v.124, 2005, p. 23–36.

BOLFE, E. L. et al. Panorama atual. In: **Geotecnologias e Geoinformação**: o produtor pergunta, a Embrapa responde. TÔSTO, S. G. et al. Brasília, DF: Embrapa, 2014.

BRADY, N. C. **Elementos da natureza e propriedades dos solos.** Porto Alegre: Bookman, 3ª ed., 2013, 686 p.

BUI, E. N. Soil survey as a knowledge system. **Geoderma**, v.120, 2004, p.17–26.

CALEGARI, M. R.; MARCOLIN L. Relação solo - paisagem na bacia da Sanga Matilde Cuê, Marechal Cândido Rondon (Pr). **Bol. geogr.,** Maringá, v. 32, n. 3, 2014, p. 110-121.

CÂMARA, G.; MEDEIROS, J.S. Mapas e suas representações computacionais. In: MEIRELLES, M.S.P. **Geomática:** modelos e aplicações amientais. Brasilia, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2007.

CAMPOS, M. C. C.. Relações solo-paisagem: conceitos, evolução e aplicações. **Revista *Ambiência*,** v. 8 nº 3, 2012.

CAMPOS, M. C. C.; CARDOZO, N. P.; MARQUES JÚNIOR, J. Modelos de paisagem e sua utilização em levantamentos pedológicos. **Revista de Biologia e Ciências da Terra,** Campina Grande, v. 6, 2006, p. 104-114.

CARVALHO C.C.N. *et al.* Histórico do levantamento de solos no Brasil: da industrialização brasileira à era da informação. **Revista Brasileira de Cartografia**. Rio de Janeiro, nº 65/5, 2013, p. 997-1013.

CATEN, A. ten; DALMOLIN, R. S. D. Geoprocessamento como aliado da Pedologia. In: **Boletim informativo Sociedade Brasileira de Ciência do Solo.** Viçosa: SBCS, vol.39, nº1, 2014.

CEZAR, E.; et al. Uso de sistema de informações geográficas na comparação de levantamentos de solo. **Revista Agropecuária Técnica**, v.29, nº 1-2, 2008, p.35–40.

CHAGAS, C. S. **Mapeamento digital de solos por correlação ambiental e redes neurais em uma bacia hidrográfica de domínio de mar de morros.** Tese de Doutorado - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa. 2006.

COELHO, F. F. **Comparação de métodos de mapeamento digital de solos através de variáveis geomorfométricas e sistemas de informações geográficas.** Programa de pós-graduação em Sensoriamento Remoto. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 2010, 80p. (Dissertação de Mestrado em Sensoriamento Remoto).

COELHO, F. F.; GIASSON, E. Métodos para mapeamento digital de solos com utilização de sistema de informação geográfica. **Revista Ciência Rural**, Santa Maria, v.40, n.10. Outubro, 2010.

COSTA, L. A. de M. Breve historico sobre a agricultura. Migrações e construção do Oeste do Paraná. Cascavel: **Coluna do Saber**, 2007, 39-54p.

CURI, N.; FRANZMEIER, D.P. Toposequence of Oxisols from the Central Plateau of Brazil. **Soil Sci. Soc. Am. J**., v.48, 1984, p 341-346.

DEMATTÊ, J. A. M. et al. Pedological mapping through integration of digital terrain models spectral sensing and photopedology. **Rev. Ciênc. Agron**., v.4, 2015, p. 669-678.

EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos.** Brasília, DF: Embrapa 3ª ed., 2013, 353p.

_____. **Manual de métodos de análise de solos.** Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2ª ed. Revisada, 2011, 230p.

FEIDEN, A.; *et al*. Meio Biótico. In: FEIDEN, A. (org.). **Plano da bacia hidrográfica do Paraná 3:** Características gerais da bacia. Cascavel, 2011.

FERNANDEZ, O. V. Q.; *et al*. Meio Físico. In: FEIDEN, A. (org.). **Plano da bacia hidrográfica do Paraná 3:** Características gerais da bacia. Cascavel, 2011.

FITZ, P. R. **Geoprocessamento sem complicação**. São Paulo: Oficina de Textos, 2008.

GALLANT, J. C.; WILSON, J. P. Primary topographic attributes. In: WILSON, J. P.; GALLANT, J. C. (eds.). **Terrain Analysis: Principles and applications.** New York: John Wiley, 2000. p. 51-85.

GARDI, C. *et al.* **Atlas de solos da América Latina e do Caribe**. Comissão Europeia - Serviço das Publicações da União Europeia, Luxemburgo, 2015, 176 p.

GESSLER, P.E., *et al.* Modeling soil-landscape and ecosystem properties using terrain atributes. **Soil SCI.SOC. AM. J.** vol. 64, 2000.

HARTEMINK, A.E. *et al.* Soil maps of the world. **Geoderma**, 2013, p.256–267.

HUDSON, B. D. The soil survey as a paradigm-based science. **Journal Soil Science Society of America**, v.56, 1992, p.836-841.

HUGGETT, R.J. Soil landscape systems: a model of soil genesis. **Geoderma**, p1-22, 1975.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Manual técnico de pedologia.** Rio de Janeiro 3ª ed., 2015, 430p.

_____. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Manual Técnico da Vegetação Brasileira.** Rio de Janeiro, 2012.

IPPOLITI, G. A. R. *et al.* Analise digital do terreno: ferramenta na identificação de pedoformas em micro bacia na região de “Mar de Morros” (MG). **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 29, nº 02, 2005, p. 269-276.

JENNY, H. **Factors of soil formation**. New York: McGraw-Hill, 1941. 281 p.

JUNIOR ZANÃO, L. A; MEDEIROS, G. B. Caracterização dos solos do entorno do reservatório de Itaipu. In: JUNIOR ZANÃO, L. A. *et al*. **Produtividade da soja no entorno do reservatório de Itaipu.** Londrina: IAPAR, 2015, 217p.

KÄMPF, N.; CURI, N. O conceito de solo e sua evolução histórica. In: KER, J.C. et al. **Pedologia: Fundamentos.** Viçosa: SBCS, p.207-302, 2012.

_____. Formação e evolução do solo (pedogênese). In: KER, J.C. et al. **Pedologia: Fundamentos.** Viçosa: SBCS, 2012, p.207-302.

KERSTEN, R. A.; GALVÃO, F.; LOPES, O. F. **A Formação das Paisagens Paranaenses.** Disponível em < http://pt.scribd.com/doc/73607722/Geologia-do-estado-do-Parana-1.> Acesso em 20/11/2015.

LAGACHERIE P. Digital Soil Mapping: A State of the Art. In: HARTEMINK, A.E. et al. (eds.). **Digital Soil Mapping with Limited Data**. Springer Science+Business Media B.V. 2008.

LEITE, P. F. **As diferentes unidades fitoecológicas da Região Sul do Brasil. Proposta de classificação**. Dissertação de Mestrado em Engenharia Florestal. Universidade Federal do Paraná. Curitiba, 2002. 160 p.

LEPSCH, I. F. **19 lições de pedologia.** São Paulo: Oficina de Textos, 2011.

_____. As necessidades de efetuarmos levantamentos pedológicos detalhados no Brasil e de estabelecermos as séries de solos. **Rev. Tamoios**, São Gonçalo (RJ), ano 09, n. 1,jan/jun. 2013.

_____. **Formação e conservação dos solos.** São Paulo. Oficina de Textos, 2002.

LIMA, L. A. S. et al. **Mapeamento de solos**: do tradicional ao digital. Embrapa Cerrados. Planaltina, DF, 2013, 52p.

LIMBERGER, L. **O clima do Oeste do Paraná: análises da presença do lago de Itaipu.** Dissertação de mestrado. Rio Claro, UNESP, 2007.

McBRATNEY, A. B. et al. An overview of pedometric techniques for use in soil survey. **Geoderma**, v. 97, n. 3-4, 2000, p.293-327.

McBRATNEY, A. B. et al. On digital soil mapping. **Geoderma**, v. 117, 2003, p. 3-52.

MAGALHÃES, V. L. **Gênese e evolução de sistemas pedológicos em unidades de paisagem do município de Marechal Cândido Rondon – PR.** Tese de doutorado. Maringá: UEM, 2013.

_____. **Os sistemas pedológicos e paisagem na bacia da sanga clara, município de Marechal Cândido Rondon.** Dissertação de Mestrado em Geografia - DGE/PGE/UEM, Maringá- PR, 2008.

MARCOLIN, L. **Caracterização mineralógica e gênese de latossolo em Marechal Cândido Rondon – PR.** Francisco Beltrão: Unioeste. Programa de Pós graduação em Geografia – Mestrado. Dissertação de Mestrado, p90, 2015.

MEDEIROS, G. B; JUNIOR ZANÃO, L. A. Agricultura e produtividade da soja no entorno do reservatório de Itaipu. In: JUNIOR ZANÃO, L. A. *et al.* **Produtividade da soja no entorno do reservatório de Itaipu.** Londrina: IAPAR, 2015, 217p.

MENDONÇA-SANTOS, M. L.; CATEN A. ten. Mapeamento Digital de Solos (MDS): avanços e desafios. In: **Boletim informativo Sociedade Brasileira de Ciência do Solo.** Viçosa: SBCS, vol.40, nº2, 2015.

MONTANARI, R. et al. Caracterização mineralógica de Latossolos em diferentes feições do relevo na região de Jaboticabal, SP. **Rev. Cienc. Agron**., v. 41, n. 2, 2010, p. 191-199.

MOORE, I. D. et al. Soil attribute prediction using terrain analysis. **Soil Science Society American Journal.** v. 57, 1993, p. 443-452.

MOREIRA, M. A. **Fundamentos do Sensoriamento Remoto e metodologias de aplicação.** Viçosa, UFV, 4ª ed., 2011.

MORESCO, M. D. **Estudos da paisagem no município de Marechal Cândido Rondon – PR.** Universidade Estadual de Maringá, 2007. (Dissertação de Mestrado).

NARDY, A.J.R. et al. Geologia e estratigrafia da Formação Serra Geral. **Revista Geociências**, 21 (2): 2002, p15-32.

NÓBREGA, M. T.; CUNHA, J. E. A Paisagem, os Solos e a Suscetibilidade à Erosão. Espaço Plural, nº 25, 2011.

_____. **O solo**: caminho, abrigo e pão. In: VILLALOBOS, J. U. G. Ambiente, Geografia e Natureza. Maringá: PPG – UEM, 2001.

NOWATZKI, A. **Utilização de atributos topográficos no mapeamento preliminar de solos da Bacia Hidrográfica do Rio Pequeno (Antonina/PR).** Departamento de Geografia, Setor de Ciências da Terra, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2013. (Dissertação de Mestrado).

OLIVEIRA, A. **Estudo de uma topossequência de solos na bacia do córrego Santo Ângelo – Marechal Cândido Rondon.** Unioeste: Colegiado do Curso de Geografia. 80p, 2012. Trabalho de conclusão de curso.

OLIVEIRA, Á. V. Mapeamentos de solos no Brasil: situação e perspectivas. In: **Boletim informativo Sociedade Brasileira de Ciência do Solo.** Viçosa: SBCS, vol.39, nº1, 2014.

OLIVEIRA, J. B. *et al*. **Classes gerais de solos no Brasil: guia auxiliar para seu reconhecimento.** Jaboticabal: FUNEP, 2ªed. 1992, 201p.

OLIVEIRA, J. B. **Pedologia aplicada.** Piracicaba, FEALQ, 2ª ed., 2005, 574p.

PALMIERI, F.; LERACH, J. O. I. Pedologia e Geomorfologia. In: GUERRA, A.J.T.; CUNHA, S.B.de (org.) - **Geomorfologia e Meio Ambiente**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 11ª ed. 2012.

PARANÁ. Secretaria de Estado do Meio Ambiente e Recursos Hídricos. **Bacias hidrográficas do Paraná:** Série histórica.2. ed. Curitiba, 2013.

PINESE, J. P. P.; NARDY, A. J. R. Contexto geológico da Formação Serra Geral no Terceiro Planalto Paranaense. In: I ENCONTRO GEOTÉCNICO DO TERCEIRO PLANALTO PARANAENSE, 2003, Maringá, **Anais...** Maringá: UEM, 2003.

POCAY, V. G. **Relações entre pedoforma e variabilidade espacial de atributos de latossolos sob cultivo intensivo de cana-de-açúcar**. Universidade Estadual de São Paulo: Faculdade de Ciências Agrarias e Veterinárias 2000, 177p. (Dissertação Mestrado em Ciência do Solo).

QUEIROZ NETO, J. P. Análise estrutural da cobertura pedológica: uma experiência de ensino e pesquisa. **Revista do Departamento de Geografia**, 2002, p 77–90.

_____. Geomorfologia e Pedologia. **Revista Brasileira de Geomorfologia.** V.1, nº 1, 2000, p59-67.

_____. O papel da pedogênese no modelado do relevo: busca de novos paradigmas. In: **Anais -** VI Seminário Latino Americano de Geografia Física II Seminário Ibero Americano de Geografia Física. Universidade de Coimbra, 2010.

RESENDE, M. **Pedologia**: base para distinção de ambientes. Lavras: Editora UFLA, 5ª ed., 2007.

ROCHA, A.S. **Morfopedologia e fragilidade ambiental nos fundos de vale do trecho superior do córrego Guavirá Marechal Cândido Rondon-PR.** Universidade Estadual do Oeste do Paraná, PPGG-UNIOESTE, Francisco Beltrão, 2011. (Dissertação de Mestrado em Geografia).

ROCHA, A.S. et al. Relações morfopedológicas nos setores de fundos de vale da bacia hidrográfica do córrego Guavirá, Marechal Cândido Rondon-PR. **Boletim de Geografia**, Maringá, v. 30, n. 2, 2012, p. 99-110.

ROSA, F. S. Geotecnologias na Geografia Aplicada. **Revista do Departamento de Geografia**, n. 16, 2005, p. 81-90.

ROSSITER, D. G. *et al*. A ciência do solo: para quem e para quê. In: **Boletim informativo Sociedade Brasileira de Ciência do Solo.** Viçosa: SBCS, vol.38, nº3, 2013.

SANTOS, H. G. *et al.* **Procedimentos normativos de levantamentos pedológicos.** Rio de Janeiro, RJ: EMBRAPA - Centro Nacional de Pesquisa de Solos. 1995.

SANTOS, L. J. C. Contribuição da análise estrutural da cobertura pedológica ao desenvolvimento da ciência do solo. **R. RA'EGA**, Curitiba: Editora da UFPR, nº. 4, 2000, p. 131-138.

SANTOS, L.J.C. et al. Mapeamento geomorfológico do Estado do Paraná. **Revista Brasileira de Geomorfologia,** 7: 3. 2006.

SANTOS, R. D. et al. **Manual de descrição e coleta de solo no campo.** Viçosa, MG: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 7ª ed, 2015, 101p.

SEIBERT, J. *et al.* Topographical influences on soil properties in boreal forests. **Geoderma**, v.141, 2007, p.139-148.

SILVA, M.F. Mapeamento pedológico por pedometria nas bacias hidrográficas dos Rios Tagaçaba, Serra Negra e Guaraqueçaba – Guaraqueçaba – PR. Curitiba: Programa de Pós-graduação em Geografia - UFPR, 2016, 150p. (Dissertação de Mestrado)

SILVA, A. C. *et al*. Relações entre matéria orgânica do solo e declividade de vertentes em Toposseqüência de Latossolos do Sul de Minas Gerais. **R. Bras. Ci. Solo**, 31, 2007, p. 1059-1068.

SILVA, S. M.; OLIVEIRA, C. V. Solos da bacia do ribeirão chiqueiro em Gouveia-MG, relacionados aos tipos de unidades fisiográficas locais. In: X Simpósio Brasileiro de Geografia Física Aplicada, 2015.

SILVEIRA, C. T. **Análise digital do relevo na predição de unidades preliminares de mapeamento de solos: Integração de atributos topográficos em Sistemas de Informações Geográficas e redes neurais artificiais.** Curitiba, Departamento de Geografia, Setor de Ciências da Terra, Universidade Federal do Paraná, 2010, 153p. Tese Doutorado em Geografia).

SILVEIRA, C. T. et al. Pedometria apoiada em atributos topográficos com operações de tabulação cruzada por álgebra de mapas. **Revista Brasileira de Geomorfologia**. Vol. 13, nº 2. 2012.

SILVEIRA, C. T. et al. Soil prediction using artificial neural networks and topographic attributes. **Geoderma** Vol. 172, 2013, p165–172.

SIRTOLI, A. E. et al. Atributos do Relevo derivados de modelos digitais de elevação e suas relações com os solos. **Scientia Agraria**, Curitiba, v.9, n.3, 2008, p.317-329.

THOMPSON, J.A. et al. Soil–landscape modeling across a physiographic region: Topographic patterns and model transportability. **Geoderma,** v.133, 2006, p.57–70.

USDA, United States Department of Agriculture. **Soil Taxonomy:** A Basic System of Soil Classification for Making and Interpreting Soil Surveys. 2nd edition, 1999, p. 436.

USDA, United States of the Department of Agriculture. **Soil survey manual.** Soil Survey Division Staff, 1993, p.312.

VALERIANO, M. M. **Topodata:** guia para utilização de dados geomorfológicos locais. São José dos Campos, SP. INPE: Coordenação de Ensino, Documentação e Programas Especiais, 2008.

VIDAL-TORRADO, P. *et al.* Conceitos e aplicações das relações Pedogolia-Geomorfologia em regiões tropicais úmidas. **Tópicos Ciência do Solo**, vol. 4, 2005.

VIEIRA, L. S. **Manual de Morfologia e Classificação de Solos.** São Paulo: Editora Agronômica Ceres Ltda., 2ª ed., 1983.

VITTE, A C; MELLO, J. P. Considerações sobre a erodibilidade dos solos e a erosividade das chuvas e suas conseqüências na morfogênese das vertentes: um balanço bibliográfico. **Climatologia e Estudos da Paisagem.** Rio Claro - Vol.2 – nº2, julho/dezembro, 2007, p. 131.

ZALÁN, P. V., *et al.* Bacia do Paraná. In: **Origem e Evolução de Bacias Sedimentares.** Rio de Janeiro: PETROBRAS, 1990, p. 135 – 164.

ZAPAROLI, F. C. M.; GASPARETTO, N. V. L. Distribuição de solos e sua relação com o relevo em uma vertente no município de Floraí-PR. **Bol. geogr.,** Maringá, v. 28, n. 2, 2010, p. 49-63.

ANEXOS

Perfil 1

Figura 14: Perfil de Neossolo Regolítico.

Data da descrição: 14/04/16

Classificação: NEOSSOLO REGOLÍTICO

Descrição geral da área

Localização: Distrito de São Roque, Planalto de São Francisco

Coordenadas: 24° 43" 08" S; 54° 04" 44" W

Altitude: 329 metros

Situação na paisagem: Perfil descrito sob floresta média vertente.

Litologia e cronologia: Basalto – Formação Serra Geral (Jurássico/Cretáceo)

Material de origem: Alteração de basalto

Relevo local: Ondulado a forte ondulado

Relevo regional: suave ondulado

Drenagem: Acentuadamente drenado

Erosão: Não aparente

Contato lítico: Não aparente

Pedregosidade: Muito pedregosa

Rochosidade: Não rochosa

Vegetação nativa: Floresta Estacional Semidecidual (IBGE, 2005).

Uso atual: Mata

Descrito e coletado: Vanda Moreira Martins, Bruno Aparecido da Silva e Micheli Danzer.

Descrição morfológica

- Horizonte A (0-10 cm): 5YR 3/3; argilossiltosa; blocos subangulares, pequena, fraca; pegajosa, plástica e friável; raízes médias e comuns; poros pequenos e comuns; transição difusa e ondulada.

- Horizonte C (10-80 cm): 10YR 3/4; argilossiltosa; blocos subangulares, pequena; raízes médias e comuns; poros médios e comuns; transição difusa e ondulada.

Obs.: Quantidade de rocha não altera aumenta em profundidade, apresentando blocos com até 5cm de diâmetro. Atividade biológica presente.

Perfil 2

Figura 15: Perfil de Nitossolo Vermelho.

Data da descrição: 25/05/2016

Classificação: NITOSSOLO VERMELHO

Descrição geral da área

Localização: São Roque, sentido a Toledo, Planalto de São Francisco.

Coordenadas: 24° 42’ 25,1” S; 54° 03’ 28,2” W

Altitude: 420 metros

Situação na paisagem: Perfil descrito sob cultivo de milho, situação de média baixa vertente.

Litologia e cronologia: Basalto – Formação Serra Geral (Jurássico/Cretáceo)

Material de origem: Alteração de basalto

Relevo local: Suave ondulado a Ondulado

Relevo regional: Suave ondulado

Drenagem: Acentuadamente drenado

Erosão: Forte

Contato lítico: Não aparente

Pedregosidade: Não pedregosa

Rochosidade: Não rochosa

Vegetação nativa: Floresta Estacional Semidecidual (IBGE, 2015).

Uso atual: Agrícola

Descrito e coletado: Vanda Moreira Martins, Bruno Aparecido da Silva e Soraya Brem.

Descrição morfológica

- Horizonte Ap (0-15 cm): 2.5YR 3/3; argilosa; blocos subangulares, médios, moderada; pegajosa, ligeiramente plástica, firme; raízes finas e comuns; poros pequenos e comuns; transição clara e ondulada.

- Horizonte AB (15-45 cm): 2.5YR 3/4; argilosa a muito argilosa; blocos angulares, grandes, moderada; pegajosa, plástica, friável; raízes finas e poucas; poros muito pequenos e comuns; transição clara e ondulada.

- Horizonte Bnítico (45-100 cm): 2.5YR 3/6; argilosa a muito argilosa; blocos angulares, grandes, moderada; pegajosa, plástica, firme; cerosidade moderada e comum; superfície de fricção brilhantes; raízes muito finas e poucas; poros muito pequenos e comuns; transição gradual e ondulada.

- Horizonte Bnítico2 (100-180 cm): 2.5YR 3/6; argilosa a muito argilosa; blocos angulares, grandes, moderada; pegajosa, plástica, firme; cerosidade moderada e comum; superfície de fricção brilhantes; raízes ausentes; poros muito pequenos e comuns.

Obs.: Presença de linha de sedimentos transportados a 70 cm de profundidade, sinais de compactação até os 50 cm. Presença de formigueiro no canto superior direito do perfil. Aumento de fragmentos de (> 3mm ø) a partir dos 60 cm de profundidade.

Perfil 3

Data da descrição: 08/06/2016

Classificação: LATOSSOLO VERMELHO

Descrição geral da área

Localização: Distrito de Margarida, MCR, Planalto de Foz do Iguaçu. (Ponto Erosão)

Coordenadas: 24° 39‟ 00.2” S; 54° 07‟ 58.9” W

Altitude: 302 metros

Situação na paisagem: Perfil descrito sob cultivo, área rural, setor de topo.

Litologia e cronologia: Basalto – Formação Serra Geral (Jurássico/Cretáceo)

Material de origem: Alteração de basalto

Relevo local: Plano

Relevo regional: Suave ondulado

Drenagem: Acentuadamente drenado

Erosão: Muito forte

Figura 16: Perfil de Latossolo Vermelho.

Contato lítico: Não aparente

Pedregosidade: Não pedregosa

Rochosidade: Não rochosa

Vegetação nativa: Floresta Estacional Semidecidual (IBGE, 2015).

Uso atual: Agricultura

Descrito e coletado: Vanda Moreira Martins, Bruno Aparecido da Silva e Micheli Danzer.

Descrição morfológica

- Horizonte Ap (0-20 cm): 2.5YR3/4; argilosa; blocos angulares a subangulares, pequenos, moderada; pegajosa, plástica, firme; raízes finas e abundantes, poros pequenos e comuns; transição clara e plana.

Horizonte Bw1 (20-70 cm): 2.5YR 3/6; argilosa; blocos subangulares, pequenos, moderada; pegajosa, plástica, muito friável; raízes finas e poucas; poros pequenos e comuns; transição difusa e ondulada.

Horizonte Bw2 (70-130 cm): 2.5YR 2.5/4; argilosa; blocos subangulares, pequenos, moderada; pegajosa, plástica, muito friável; raízes ausentes; poros muito pequenos e comuns; transição difusa e ondulada.

Horizonte Bw3 (130-200 cm): 2.5YR 3/4; argilosa; blocos subangulares, pequenos, moderada; pegajosa, plástica, muito friável; raízes ausentes; poros muito pequenos e comuns; transição difusa e ondulada.

Obs.: O Horizonte A apresentava-se decapitado, devido à processos erosivos desencadeados a partir de atividades antrópicas.

Figura 17: Perfil de Neossolo Litólico.

Perfil 4

Data da descrição: 12/12/2016

Classificação: NEOSSOLO LITÓLICO

Descrição geral da área

Localização: Marechal Cândido Rondon, Planalto de Cascavel

Coordenadas: 24° 32’ 57” S; 54° 03’ 56.9” W
Altitude: 375 metros
Situação na paisagem: Perfil descrito próximo ao fundo de vale.
Litologia e cronologia: Basalto – Formação Serra Geral (Jurássico/Cretáceo)
Material de origem: Alteração de basalto
Relevo local: Forte ondulado
Relevo regional: Suave ondulado
Drenagem: Acentuadamente drenado
Erosão: Não aparente
Contato lítico: Não aparente
Pedregosidade: Pedregosa
Rochosidade: Ligeiramente rochosa
Vegetação nativa: Floresta Estacional Semidecidual (IBGE, 2015).
Uso atual: Mata
Descrito e coletado: Vanda Moreira Martins, Bruno Aparecido da Silva e Luciane Mosconi e Rafael Sanches.

Descrição morfológica

- Horizonte A (0-10 cm): 2.5 YR 2,5/3; argilossiltosa; blocos subangulares, pequena, fraca; pegajosa, plástica, friável; raízes finas e comuns; poros pequenos e comuns; transição clara e ondulada.

- Horizonte Cr (10-100 cm): 2.5YR 4/6; argilossiltosa; blocos subangulares, pequena; raízes finas e comuns; poros pequenos e comuns.

Obs.: Presença significativa de minerais acessórios na rocha. Vegetação de médio porte, com presença de gramíneas.

PERFIL 5

Data da descrição: 12/12/2016
Classificação: CAMBISSOLO HÁPLICO

Descrição geral da área

Localização: Marechal Cândido Rondon, Planalto de Cascavel

Coordenadas: 24° 33’ 07” S; 54° 04’ 16” W
Altitude: 375 metros
Situação na paisagem: Perfil descrito próximo ao fundo de vale.
Litologia e cronologia: Basalto – Formação Serra Geral (Jurássico/Cretáceo)
Material de origem: Alteração de basalto
Relevo local: Forte ondulado
Relevo regional: Suave ondulado
Drenagem: Acentuadamente drenado
Erosão: Não aparente
Contato lítico: Não aparente
Pedregosidade: Pedregosa
Rochosidade: Ligeiramente rochosa
Vegetação nativa: Floresta Estacional Semidecidual (IBGE, 2015)
Uso atual: Mata
Descrito e coletado: Vanda Moreira Martins, Bruno Aparecido da Silva, Luciane Mosconi e Marcelo Batista.

Figura 18: Perfil de Cambissolo Háplico.

Descrição morfológica

- Horizonte A (0-16 cm): 2.5YR 3/2; argilosa; granular, pequena, fraca; pegajosa, plástica, friável; raízes médias e comuns; poros médios a pequenos e comuns; transição gradual e ondulada.

- Horizonte BA (16-46 cm): 2.5YR 3/3; argilosa; blocos subangulares, pequena, fraca; pegajosa, plástica, friável; raízes médias e comuns; poros médios a pequenos e comuns; transição gradual e plana.

- Horizonte Bi (46-68 cm): 2.5YR 3/3; argilosa; blocos subangulares, pequena, fraca; pegajosa, plástica, friável; raízes finas à médias e poucas; poros médios a pequenos e comuns; transição clara e ondulada.

- Horizonte BiC (68-100 cm): 2.5YR 4/4; argilosa; blocos angulares, pequena, fraca; pegajosa, plástica, friável; raízes finas e poucas; poros médios a pequenos e poucos.

Obs.: Informações complementadas com os dados de Rocha (2011).

Perfil 6

Data da descrição: 21/12/2016

Classificação: GLEISSOLO HÁPLICO

Descrição geral da área

Localização: Distrito de Margarida, interior de Marechal Cândido Rondon, Planalto de Foz do Iguaçu.

Coordenadas: 24° 38’ 18.8” S; 54° 08’ 22.6” W

Altitude: 262 metros

Situação na paisagem: Perfil descrito num terraço fluvial.

Litologia e cronologia: Basalto – Formação Serra Geral (Jurássico/Cretáceo)

Material de origem: Alteração de basalto

Relevo local: Plano

Relevo regional: Suave ondulado

Drenagem: Moderadamente drenado

Erosão: Não aparente

Contato lítico: Não aparente

Pedregosidade: Não Pedregosa

Rochosidade: Não rochosa

Vegetação nativa: Floresta Estacional Semidecidual (IBGE, 2015)

Uso atual: Pastagem

Descrito e coletado: Rodrigo Macedo, Bruno Aparecido da Silva e Micheli Danzer.

Figura 19: Perfil de Gleissolo Háplico.

Descrição morfológica

- Horizonte A (0-15 cm): 2.5Y 4/2; argilossiltosa; blocos angulares à granular, pequena à média, moderada à fraca; pegajosa, plástica, muito friável; raízes finas e abundantes; transição clara e ondulada.

- Horizonte ACg (15-40 cm): 2.5Y 5/2; mosquado 5Y 6/6, pouco, pequena, distinta; argilossiltosa; blocos angulares à granular, pequena à média,

moderada à fraca; pegajosa, plástica, friável; raízes muito finas e poucas; transição clara e plana.

- Horizonte Cg (40-80 cm): 5Y 5/1; mosqueado 5Y 6/6, pouco, pequena, distinta; argilossiltosa; blocos angulares, grande à média, moderada; pegajosa, plástica, friável; raízes muito finas e poucas, transição clara e plana.

- Horizonte Cg2 (80-120 cm): 5Y 5/2; mosqueado 5Y 6/8, comum, média, difusa; siltosa; maciça; pegajosa, plástica, friável; raízes ausentes.

Obs.: Bioturbação presente nos horizontes mais superficiais.

Perfil 6

Data da descrição: 21/12/2016

Classificação: NEOSSOLO FLÚVICO

Descrição geral da área

Localização: Distrito de Margarida, interior de Marechal Cândido Rondon, Planalto de Foz do Iguaçu.

Coordenadas: 24° 38’ 18.8” S; 54° 08’ 22.6” W

Altitude: 267 metros

Situação na paisagem: Perfil descrito num terraço fluvial.

Litologia e cronologia: Basalto – Formação Serra Geral (Jurássico/Cretáceo)

Material de origem: Alteração de basalto

Relevo local: Suave ondulado

Relevo regional: Suave ondulado

Drenagem: Moderadamente drenado

Erosão: Não aparente

Contato lítico: Não aparente

Pedregosidade: Ligeiramente Pedregosa

Rochosidade: Rochosa

Vegetação nativa: Floresta Estacional Semidecidual (IBGE, 2015)

Uso atual: Mata

Figura 20: Amostras de horizonte classificado como Neossolo Flúvico.

Descrito e coletado: Rodrigo Macedo, Bruno Aparecido da Silva e Micheli Danzer.

Descrição morfológica

- Horizonte A (0-20 cm): 10R 3/2; arenossiltoso; ligeiramente plático, solta.

- Horizonte C (20-65 cm): 2.5Y 4/2; siltoso, plástico, pegajoso, solto.

- Horizonte Cg1 (65-80 cm): 5Y 3/2; mosqueado 10YR 3/6, comum, média, distinta; argilossiltosa; muito plástica e pegajosa.

- Horizonte Cg2 (80-120 cm): 5Y 3/2; mosqueado 7.5YR 5/8, comum, média, distinta; argilossiltosa; muito plástica e pegajosa.

Obs.: Descrição feita a partir de tradagem.

Tabela 16: Pontos para validação de campo.

Pontos	Classe de Solo Mapeada		Realidade de Campo	Longitude	Latitude
	Mapa Convencional	Mapa Digital			
1	LV	NV	LV	54°03'28.7"O	24°31'13.6"S
2	NV	NV	NV	54°03'53.1"O	24°31'17.9"S
3	RR	NV	RR	54°04'44.5"O	24°30'10.6"S
4	RR	RR	RL	54°11'14.0"O	24°30'43.3"S
5	LV	NV	RL	54°12'57.1"O	24°31'01.7"S
6	RR	NV	RR	54°03'21.6"O	24°37'55.7"S
7	RR	RR	RR	54°04'59.4"O	24°39'25.9"S
8	RR	RL	NV	54°04'48"O	24°43'12"S
9	LV	RR	LV	54°06'59"O	24°40'33'S
10	RL	NV	RR	54°7' 45,491" O	24° 33' 30,116" S
11	NV	RR	NV	54° 11' 14,040" O	24° 33' 41,218" S
12	RR	RR	RL	54° 6' 54,198" O	24° 33' 28,194" S
13	NV	RR	RR	54° 12' 20,245" O	24° 33' 36,372" S
14	NV	RR	NV	54° 14' 31,180" O	24° 33' 32,269" S
15	GX	LV	RY	54° 12' 0,120" O	24° 33' 51,435" S
16	NV	LV	NV	54° 1' 47,149" O	24° 34' 4,776" S
17	LV	LV	RR	54° 6' 10,687" O	24° 33' 27,335" S
18	NV	LV	NV	54° 9' 43,830" O	24° 33' 39,922" S
19	NV	NV	NV	54° 8' 10,259" O	24° 35' 32,684" S
20	NV	LV	NV	54° 13' 49,088" O	24° 33' 41,483" S
21	LV	LV	LV	54° 8' 39,872" O	24° 33' 36,307" S
22	RR	RL	RR	54° 0' 45,924" O	24° 34' 3,479" S
23	RR	NV	NV	54° 1' 8,603" O	24° 34' 5,168" S
24	GX	NV	NV	54° 13' 6,770" O	24° 33' 36,883" S
25	RR	RR	RR	54° 6' 36,761" O	24° 33' 43,572" S
26	NV	NV	RL	54° 9' 10,620" O	24° 33' 38,170" S
27	LV	LV	LV	54° 2' 6,866" O	24° 33' 46,502" S
28	NV	NV	NV	54° 2' 48,759" O	24° 32' 18,504" S
29	LV	LV	LV	54° 3' 6,498" O	24° 30' 45,120" S
30	LV	LV	LV	54° 3' 10,405" O	24° 31' 18,225" S
31	LV	LV	LV	54° 3' 7,962" O	24° 30' 57,514" S
32	LV	LV	LV	54° 2' 52,493" O	24° 30' 1,916" S
33	LV	NV	NV	54° 14' 28,214" O	24° 41' 36,284" S
34	NV	LV	NV	54° 14' 0,066" O	24° 44' 28,930" S
35	LV	LV	LV	54° 12' 8,634" O	24° 38' 1,666" S
36	NV	NV	NV	54° 14' 40,699" O	24° 43' 31,538" S
37	NV	RR	NV	54° 12' 39,569" O	24° 38' 4,116" S
38	GX	LV	LV	54° 14' 49,950" O	24° 43' 58,520" S
39	NV	NV	NV	54° 13' 31,168" O	24° 44' 9,458" S
40	NV	NV	NV	54° 13' 56,967" O	24° 44' 9,910" S
41	LV	LV	LV	54° 13' 45,483" O	24° 37' 31,922" S
42	LV	LV	LV	54° 14' 13,925" O	24° 42' 29,801" S
43	NV	NV	NV	54° 13' 46,320" O	24° 42' 39,857" S

44	LV	LV	LV	54° 14' 18,578" O	24° 39' 21,320" S
45	GX	LV	GX	54° 13' 32,925" O	24° 42' 44,966" S
46	LV	NV	NV	54° 12' 47,692" O	24° 36' 18,573" S
47	NV	NV	NV	54° 12' 48,577" O	24° 37' 58,465" S
48	NV	NV	NV	54° 14' 27,694" O	24° 39' 53,105" S
49	GX	RR	NV	54° 13' 7,969" O	24° 36' 50,382" S
50	NV	NV	NV	54° 14' 40,060" O	24° 40' 39,066" S
51	GX	RR	NV	54° 12' 43,794" O	24° 35' 33,574" S
52	NV	NV	NV	54° 12' 11,962" O	24° 34' 31,992" S
53	LV	LV	LV	54° 14' 19,737" O	24° 36' 9,922" S
54	GX	GX	GX	54° 11' 3,352" O	24° 38' 36,825" S
55	NV	NV	NV	54° 6' 32,373" O	24° 37' 40,497" S
56	LV	LV	LV	54° 10' 15,881" O	24° 38' 43,338" S
57	RR	RL	RL	54° 3' 44,434" O	24° 34' 23,294" S
58	LV	LV	LV	54° 8' 28,485" O	24° 39' 5,540" S
59	RL	RR	NV	54° 4' 3,350" O	24° 35' 42,736" S
60	LV	LV	LV	54° 6' 55,785" O	24° 38' 45,957" S
61	NV	NV	NV	54° 9' 31,846" O	24° 38' 47,798" S
62	RR	RR	NV	54° 3' 53,656" O	24° 35' 15,045" S
63	RR	RL	CX	54° 3' 33,637" O	24° 34' 22,741" S
64	LV	LV	LV	54° 6' 35,496" O	24° 38' 3,290" S
65	RR	RL	RL	54° 5' 32,626" O	24° 35' 59,856" S
66	LV	LV	LV	54° 6' 48,865" O	24° 38' 23,048" S
67	RR	RR	RR	54° 5' 48,092" O	24° 36' 13,554" S
68	NV	NV	NV	54° 5' 6,206" O	24° 35' 52,880" S
69	RL	RL	RL	54° 4' 8,396" O	24° 35' 52,416" S
70	GX	GX	GX	54° 11' 13,230" O	24° 38' 35,657" S
71	LV	NV	LV	54° 6' 25,721" O	24° 37' 27,163" S
72	RR	RL	RL	54° 4' 2,444" O	24° 39' 37,193" S
73	NV	NV	NV	54° 1' 23,510" O	24° 39' 52,712" S
74	RL	RL	RL	54° 0' 25,985" O	24° 40' 9,291" S
75	LV	NV	NV	54° 3' 48,853" O	24° 42' 27,378" S
76	NV	NV	NV	54° 7' 54,411" O	24° 39' 22,708" S
77	RL	RR	NV	54° 5' 32,004" O	24° 41' 55,782" S
78	LV	NV	NV	54° 2' 33,831" O	24° 43' 3,560" S
79	NV	LV	NV	54° 6' 31,238" O	24° 41' 6,208" S
80	NV	GX	GX	54° 7' 15,577" O	24° 40' 3,605" S
81	LV	LV	LV	54° 0' 40,704" O	24° 42' 45,861" S
82	RR	RR	RR	54° 6' 3,438" O	24° 41' 9,196" S
83	RR	RR	RR	54° 7' 5,704" O	24° 30' 34,014" S
84	LV	NV	LV	54° 10' 59,727" O	24° 30' 56,058" S
85	RR	RL	RL	54° 12' 21,021" O	24° 30' 35,221" S
86	NV	NV	NV	54° 10' 1,324" O	24° 31' 12,174" S
87	RR	RL	NV	54° 7' 46,117" O	24° 30' 58,357" S
88	LV	NV	LV	54° 8' 30,495" O	24° 31' 0,617" S
89	NV	NV	RL	54° 12' 33,182" O	24° 30' 42,999" S

90	NV	RR	NV	54° 12' 1,221" O	24° 30' 39,045" S
91	LV	LV	LV	54° 8' 48,983" O	24° 31' 1,487" S
92	NV	RL	RL	54° 11' 28,441" O	24° 30' 39,671" S
93	RR	RL	NV	54° 4' 27,530" O	24° 31' 0,336" S
94	RR	NV	RL	54° 6' 37,833" O	24° 31' 6,893" S
95	NV	RR	RR	54° 5' 35,712" O	24° 31' 6,991" S
96	LV	LV	LV	54° 11' 28,516" O	24° 43' 43,694" S
97	LV	NV	NV	54° 12' 13,648" O	24° 44' 37,710" S
98	LV	LV	LV	54° 11' 59,187" O	24° 43' 7,535" S
99	NV	NV	NV	54° 11' 43,119" O	24° 44' 19,311" S
100	RR	RL	RL	54° 8' 34,389" O	24° 43' 49,392" S
101	GX	LV	GX	54° 7' 38,200" O	24° 44' 37,593" S
102	NV	NV	NV	54° 10' 46,804" O	24° 43' 31,436" S
103	NV	NV	NV	54° 6' 33,989" O	24° 44' 36,926" S
104	NV	LV	NV	54° 9' 30,818" O	24° 43' 44,733" S
105	NV	LV	LV	54° 6' 58,699" O	24° 44' 30,153" S
106	LV	LV	LV	54° 5' 53,121" O	24° 44' 47,313" S
107	LV	LV	LV	54° 11' 29,268" O	24° 39' 40,723" S
108	GX	NV	NV	54° 14' 23,118" O	24° 37' 18,184" S
109	RR	RR	RR	54° 1' 28,568" O	24° 34' 57,343" S
110	NV	NV	RL	54°14'21.9"O	24°42'26.0"S
111	RL	RL	RL	54°04'09.1"O	24°34'37.2"S
112	LV	NV	LV	54°04'24.9"O	24°34'27.5"S
113	NV	NV	NV	54°03'37.9"O	24°34'40.3"S
114	RR	NV	NV	54°03'47"O	24°36'16"S
115	RR	NV	NV	54°03'30.1"O	24°36'34"S
116	NV	NV	NV	54°03'19"O	24°37'28.8"S
117	RR	RL	RL	54°03'39.1"O	24°37'58.1"S
118	NV	LV	LV	54°03'35.6"O	24°37'46.2"S
119	RR	RR	CX	54°03'35.6"O	24°37'55.8"S
120	RR	RL	RL	54°03'20.4"O	24°38'04.2"S
121	RL	RL	RL	54°03'25.1"O	24°38'18.6"S
122	RR	RR	RR	54°03'36.2"O	24°39'07.2"S
123	RR	RR	RR	54°03'35.5"O	24°39'27.4"S
124	RR	RR	NV	54°04'59.4"S	24°39'26.5"S
125	NV	NV	NV	54°05'19.3"O	24°39'13.2"S
126	RR	RL	RL	54°06'06.1"O	24°38'50.6"S
127	RR	RL	RL	54°06'09.7"O	24°38'45.1"S
128	LV	NV	NV	54°06'37"O	24°38'45.9"S
129	NV	RR	CX	54°07'43.2"O	24°39'43.4"S
130	NV	NV	NV	54°06'56"O	24°40'41.9"S
131	NV	NV	NV	54°04'35"O	24°42'29.3"S
132	RL	RL	RL	54°01'23.1"O	24°43'10.7"S
133	LV	NV	NV	54°03'09"O	24°42'58"S
134	LV	NV	RL	54°03'09"O	24°42'58"S
135	NV	RR	NV	54°09'15.3"O	24°38'54.6"S

136	LV	LV	LV	54°11'12.3"O	24°39'29.7"S
137	GX	LV	GX	54°11'10.3"O	24°38'59.5"S
138	GX	LV	GX	54°11'10.9"O	24°38'56.8"S
139	GX	RR	GX	54°09'02.4"O	24°38'18.8"S
140	RR	RL	NV	54°04'09"O	24°38'22.9"S
141	GX	NV	GX	54°06'30.9"O	24°37'47.3"S
142	RR	RR	RR	54°05'47.1"O	24°36'03.4"S
143	NV	NV	RL	54°03'20.2"O	24°34'26.2"S
144	NV	RR	RL	54°04'14.5"O	24°33'49.3"S
145	RR	NV	RL	54°05'46.5"O	24°33'23.2"S
146	RR	LV	RL	54°10'20.8"O	24°33'39.8"S
147	RR	RL	RL	54°06'33.3"O	24°33'40.3"S
148	RL	RR	RR	54°07'42.3"O	24°35'19.2"S
149	RR	RR	RL	54°07'05.1"O	24°34'19.2"S
150	GX	GX	GX	54°11'06.4"O	24°38'16.6"S
151	GX	LV	GX	54°08'29.2"O	24°38'42.7"S
152	GX	LV	GX	54°08'02.4"O	24°37'27.9"S
153	GX	GX	GX	54°07'42.6"O	24°44'17.9"S
154	RL	RL	RL	54°05'24.1"O	24°44'10.2"S
155	RL	RL	RL	54°05'05.9"O	24°43'39.2"S
156	RL	RL	RR	54°04'58.4"O	24°43'02.8"S
157	RL	RL	RL	54°13'11.6"O	24°31'30.2"S
158	RR	RL	RR	54°13'08"O	24°32'19.4"S
159	LV	LV	LV	54°13'51.7"O	24°33'27.7"S
160	RL	RL	RR	54°05'24.1"O	24°43'25.7"S