



UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA
FACULDADE DE AGRONOMIA E MEDICINA
VETERINÁRIA

**FEIÇÕES GEOMORFOLÓGICAS E MAPEAMENTO DIGITAL DE SOLOS DA
PORÇÃO LESTE DO DISTRITO FEDERAL**

MANUEL PEREIRA DE OLIVEIRA JUNIOR

TESE DE DOUTORADO EM AGRONOMIA

BRASÍLIA/DF
NOVEMBRO de 2017



UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA
FACULDADE DE AGRONOMIA E MEDICINA VETERINÁRIA

**FEIÇÕES GEOMORFOLÓGICAS E MAPEAMENTO DIGITAL DE SOLOS DA
PORÇÃO LESTE DO DISTRITO FEDERAL**

MANUEL PEREIRA DE OLIVEIRA JUNIOR

ORIENTADORA: Professora Dr^a. MARILUSA PINTO COELHO LACERDA

TESE DE DOUTORADO EM AGRONOMIA

PUBLICAÇÃO: 061D/2017

BRASÍLIA/DF

NOVEMBRO de 2017



UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA
FACULDADE DE AGRONOMIA E MEDICINA VETERINÁRIA

Feições geomorfológicas e mapeamento digital de solos da porção leste do
Distrito Federal
Manuel Pereira de Oliveira Junior

APROVADA POR:

MARILUSA PINTO COELHO LACERDA, Professora Associada III, Dr^a.
(Universidade de Brasília – UnB)
(ORIENTADORA) CPF: 434.760.586-20 E-mail: marilusa@unb.br

SEBASTIÃO ALBERTO DE OLIVEIRA, Pesquisador Associado IV, Dr. (Universidade de Brasília – UnB)
(EXAMINADOR INTERNO) CPF: 052.361.771-20 E-mail: saoliveira1945@gmail.com

PAULO ROBERTO MENESES, Professor Titular, Dr.
(Instituto de Geociências – Universidade de Brasília)
(EXAMINADOR EXTERNO) CPF: 740483338-87 E-mail: pmeneses@unb.br

Inara Oliveira Barbosa, Pesquisadora, Dr^a.
(Departamento Nacional de Produção Mineral, DNPM)
(EXAMINADOR EXTERNO) CPF: 538.956.731-53 E-mail: inarabar@yahoo.com.br

BRASÍLIA/DF, 7 NOVEMBRO DE 2017.

FOLHA CATALOGRÁFICA

Oliveira Junior, Pereira de Oliveira

Feições geomorfológicas e mapeamento digital de solos da porção leste do Distrito Federal / Manuel Pereira de Oliveira Junior; orientação de Marilusa Pinto Coelho Lacerda. – Brasília, 2016

156 p. : il.

Tese de Doutorado (D) – Universidade de Brasília / Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária, 2017.

1. Relações solo-paisagem. 2. Pedomorfogeológicas. 3. Curvatura. 4. Bacia do Rio Preto. 5. Lógica fuzzy.

I. Lacerda, M.P.C. II. Doutora.

REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

OLIVEIRA JUNIOR, M. P. **Feições geomorfológicas e mapeamento digital de solos da porção leste do Distrito Federal**. Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária, Universidade de Brasília - Brasília, 2017; p. Tese de Doutorado.

CESSÃO DE DIREITOS

NOME DO AUTOR: Manuel Pereira de Oliveira Junior

TÍTULO DA TESE DE DOUTORADO: Feições geomorfológicas e mapeamento digital de solos da porção leste do Distrito Federal

GRAU: DOUTOR.

ANO: 2017

É concedida à Universidade de Brasília permissão para reproduzir cópias desta tese de doutorado para única e exclusivamente propósitos acadêmicos e científicos. O autor reserva para si os outros direitos autorais, de publicação. Nenhuma parte desta tese de doutorado pode ser reproduzida sem a autorização por escrito do autor. Citações são estimuladas, desde que citada à fonte.

Nome: Manuel Pereira de Oliveira Junior

CPF: 053.952.118-37

Endereço: SRES Quadra 6 Conj. O, Casa 56, Cruzeiro Velho. Brasília/DF

Tel. (061) 32637637 E-mail: manuelpojr@gmail.com

Aos meus pais, Manuel e Nair, pelo amor e dedicação, e acima de tudo por todo ensinamento que me deram para poder vencer os obstáculos. In memoriam.

À minha esposa Niuza, por todo amor e dedicação, por entender e apoiar em todas as situações.

Dedico

AGRADECIMENTOS

À minha orientadora e chefe Professora Dr^a Marilusa Pinto Coelho Lacerda, pelo incentivo, por todos os ensinamentos, motivação, conversas, pela tranquilidade transmitida e exemplo de profissional e pessoa.

A todos que contribuíram nas atividades de campo e laboratório desde a minha chegada no Laboratório de Geoprocessamento, que tiveram paciência para me passarem as rotinas do laboratório, Fernando Arthur, Thaís Duarte, Rosana Quirino. Aos alunos orientados que contribuíram, Bruna G. Vieira, Henrique Honorato, Guilherme Micas e Wanessa Caldas. Aos estagiários Fabiana Fonseca, Déborah Mesquita, Luiz Felipe Cassol, Leonardo Rafael de Almeida Júnior, Daniel Cardoso, Letícia Aguiar e Larissa Silva Barros.

A toda equipe da garagem da UnB e os motoristas que nos atenderam durante os levantamentos de campo.

Resumo

O solo é recurso cada vez mais escasso e valioso para a humanidade, e a demanda por alimentos cresce constantemente, além de se obter dos solos desde o local de moradia a insumos para o seu desenvolvimento. A importância deste recurso natural tem que ser conhecida para o melhor aproveitamento de maneira coerente e sustentável. O entendimento da evolução do solo e sua distribuição na paisagem está diretamente relacionada com os fatores de sua formação, sendo fundamental para o mapeamento dos solos, que por sua vez torna-se indispensável para o planejamento de uso. A compartimentação geomorfológica da superfície é uma ferramenta que auxilia na compreensão do processo de formação dos solos, pois o estado atual é resultante de um processo dinâmico que está relacionado com os fatores de formação dos solos. A Bacia do Rio Preto no Distrito Federal é resultante da evolução por erosão diferencial e pedogenética da primeira superfície geomorfológica, constituída por Chapadas Elevadas, Encostas montanhosas a Escarpadas, Encostas Convexas e Côncavas, Encostas Onduladas e Forte Onduladas, Superfície Residual das Chapadas Elevadas, Morros Residuais, Vale da Bacia do Rio Preto no DF e Rede de Drenagem e Planícies de Inundação. Os Morros Residuais são cobertos por Plintossolos Pétricos preservando-os, nos Morros Residuais, como feições convexas e de declividade elevada. Além de Plintossolos encontram-se associados com frequência a Neossolos Regolíticos e esporadicamente a Cambissolos, mostrando o impedimento da evolução pedogenética em áreas de Plintossolos Pétricos Concrecionários. O estudo das relações pedomorfogeológicas gerou uma base de dados para a realização do Mapeamento Digital de Solos da microbacia do Rio Jardim, utilizando um Modelo Numérico do Terreno, de onde foram extraídos atributos

morfométricos como, Índice Topográfico de Umidade, Índice de Umidade Curvatura Longitudinal, Curvatura Seccional Cruzada, Textura e Fator entre Comprimento de Rampa e Inclinação, que ao serem processados em algoritmo de Lógica *Fuzzy*, resultaram no Mapa de Distribuição de Classes de Solos da microbacia do Rio Jardim, onde são encontrados Latossolos Vermelhos, Latossolos Vermelhos Amarelos, Plintossolos Pétricos, Neossolos Regolíticos e Solos Hidromórficos.

Palavras chaves: feições geomorfológicas, relações pedomorfogeológicas, atributos morfométricos.

Abstract

Soil is a resource that is increasingly scarce and valuable to mankind, and the demand for food is constantly increasing, as well as from the soil from the place of dwelling to inputs for its development. The importance of this natural resource has to be known for the best use in a coherent and sustainable way. The understanding of soil evolution and its distribution in the landscape is directly related to the factors of its formation, being fundamental for the mapping of the soils, which in turn becomes indispensable for the planning of use. The geomorphological compartmentalization of the surface is a tool that helps in understanding the process of soil formation, because the current state is the result of a dynamic process that is related to the soil formation factors. The Black River Basin in the Federal District is the result of the evolution of the first geomorphological surface, consisting of Chapadas Elevadas, mountainous slopes with Escarpadas, convex and concave slopes, undulating slopes and strong slopes, residual surface of high plateaus, hills Wastewater Collection, Rio Preto Basin Valley in the Federal District and Drainage and Flood Plains Network. The Residual Hills are covered by Pétricos Plinthsoils preserving them, in the Residual Hills, as convex features and of high slope. In addition to Plintosols, they are frequently associated with Regolitic Neosols and Sporadically Cambisols, showing the impediment of pedogenic evolution in areas of Concrete Patellar Plinthsoils. The study of the pedomorphological relationships generated a database for the Digital Soil Mapping of the Rio Jardim microbasin, using a Numerical Model of the Terrain, from which were extracted morphometric attributes such as Topographic Index of Humidity, Index of Longitudinal Curvature Humidity, Cross Sectional Curvature, Texture and Factor between Ramp Length and Slope, which, when processed in a Fuzzy Logic algorithm, resulted in the

Map of Distribution of Soil Classes of the River Basin, where Red Latosols, Yellow Red Latosols, Plinthsols Pétricos, Regolíticos Neosolos and Hidromórficos Soils.

Keywords: geomorphological features, pedomorphological relationships, morphometric attributes.

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1 – Introdução Geral e Referencial Bibliográfico	1
1.1 INTRODUÇÃO	1
1.2 JUSTIFICATIVA	4
1.3 HIPÓTESES	5
1.4 OBJETIVOS GERAIS.....	6
1.4.1 Objetivos específicos	6
1.5 REFERENCIAL BIBLIOGRÁFICO.....	7
1.5.1 Solos e Geomorfologia	7
1.5.2 Morfometria do Relevo – Mapeamento digital geomorfológico ...	8
1.5.3 Substrato Geológico	12
1.5.4 Pedometria - Mapeamento Digital de Solos (MDS).....	12
1.5.5 Lógica Fuzzy.....	17
1.6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	20
CAPÍTULO 2 – LOCALIZAÇÃO E Caracterização DA ÁREA DE ESTUDO...32	
2.1 Localização das Áreas de Estudo.....	32
2.2.1 Núcleos Rurais da Bacia do Rio Jardim.....	33
2.2.1.1 Núcleo Rural Tabatinga	34
2.2.1.2 Núcleo Rural Jardim	34
2.2.1.1.3 PAD-DF.....	35
2.2.2 Clima das regiões de estudo.....	35
2.2.3 Geologia das áreas de estudo	36
2.2.3.1 Grupo Bambuí	37
2.2.3.2 Grupo Canastra	38
2.2.3.3 Grupo Paranoá	39
2.2.4 Geomorfologia das áreas de estudo	40
2.2.5. Solos das regiões de estudo.....	43

2.3 Referencial Bibliográfico.....	48
CAPÍTULO 3 - Caracterização dos solos da área de estudo e sua distribuição pedogeomorfológica na paisagem.	52
3.1 Introdução	52
3.2 MATERIAL E MÉTODOS.....	53
3.2.1 Base de dados	55
3.2.2 Topossequências representativas da distribuição dos solos na microbacia	56
3.2.3 Relações pedomorfogeológicas da Microbacia do Rio Jardim (MRJ)	61
3.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO	63
3. 3. 1 Relações Pedomorfogeológicas.....	77
3. 5 Referências Bibliográficas	80
CAPÍTULO 4 - Feições GEOMORFOLÓGICAS DA BACIA DO RIO PRETO NO DISTRITO FEDERAL	83
4.1 INTRODUÇÃO	84
4.2 Material e Métodos.....	88
4.2.1 Base de dados	88
4.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO	95
4. 4 Conclusões	101
4. 5 Referências Bibliográficas.....	103
CAPITULO 5 - MAPEAMENTO DIGITAL DE SOLOS DA MICROBACIA DO RIO JARDIM, DF	111
5.1 Introdução	112
5 .2 MATERIAL E MÉTODOS.....	113
5. 2. 1 Localização da Área.....	113
5. 2 .2 Relações Pedomorfogeológicas e Feições Geomorfológicas Atuais	114

5. 2. 3 Mapeamento digital dos solos da Bacia do Rio Jardim, DF por meio de Lógica Fuzzy	115
5. 2. 4 Base de Dados.....	116
5.3 Resultados de Discussão	125
5. 4 Conclusões	136
5. 5. Referencial Bibliográfico.....	138
6. Considerações finais	142

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 3. 1. Características morfológicas, físicas e químicas dos perfis da Toposequência 1 – Estanislau	68
Tabela 3. 2. Características morfológicas, físicas e químicas dos perfis da Toposequência 2 – Alto Rio Jardim	70
Tabela 3. 3 Características morfológicas, físicas e químicas dos perfis da Toposequência 3 – São Gonçalo.....	72
Tabela 3. 4. Caracterização morfológicas, físicas e químicas dos perfis da Toposequência 4 – Barra Alta.....	73
Tabela 3. 5. Relações Pedogeomorfológicas da microbacia do rio Jardim.....	79
Tabela 4. 1: Valores de Índice de Umidade - WI e Curvatura Seccional Cruzada (CSC) e respectivos pesos utilizados na geração do Mapa de Feições de Superfície do Terreno da Bacia do Rio Preto, DF.....	91
Tabela 4. 2: Valores de Índice de Umidade - WI e Curvatura Seccional Cruzada (CSC) CSC e respectivos pesos usados na geração do Mapa de Drenagem da Bacia do Rio Preto, DF.	92
Tabela 4. 3: Valores de Índice Topográfico de Umidade - TWI e Curvatura Seccional Cruzada -CSC e respectivos pesos para a geração do Mapa Distribuição de Morrotes de Plintossolos Pétricos na Bacia do Rio Preto, DF.....	92
Tabela 4. 4: Valores de Standardzed Height SH e Declividade DCV e respectivos pesos para a geração do Mapa Geomorfológico Alticlinométrico Atual da Bacia do Rio Preto, DF.	93

Tabela 4.5. Tabela com valores de reclassificação das classes do Mapa Geomorfológico Alticlinométrico Atual, de Drenagem e Distribuição de Morrotes da Bacia do Rio Preto, DF, para o estabelecimento do Mapa de Feições Geomorfológicas Atuais da bacia do Rio Jardim.....	94
Tabela 5. 1: Reclassificação dos mapas de Índice de Umidade - WI e Curvatura Seccional Cruzada (CSC) e seus respectivos pesos usados na geração do Mapa de Associação de Solos Hidromórficos da Microbacia do Rio Jardim, DF.....	117
Tabela 5. 2: Reclassificação dos mapas de Índice Topográfico de Umidade - TWI e Curvatura Seccional Cruzada - CSC e respectivos pesos para a geração do Mapa Distribuição de Morrotes de Plintossolos Pétricos na Microbacia do Rio Jardim, DF.....	118
Tabela 5. 3. Reclassificação dos mapas de Índice Topográfico de Umidade - TWI e LSFator- LSF e Textura, respectivos pesos para a geração do Mapa Distribuição de Neossolos Regolíticos e solos associados na Microbacia do Rio Jardim, DF.....	119
Tabela 5. 4. Reclassificação dos mapas de Longitudinal Curvature (LC) e LSFator (LSF), e respectivos pesos para a geração do Mapa Distribuição da Classe de solo Latossolo Vermelho na Microbacia do Rio Jardim, DF.	120
Tabela 5. 5. Reclassificação dos mapas de Longitudinal Curvature (LC) e LSFator (LSF), e respectivos pesos para a geração do Mapa Distribuição da Classe de solo Latossolo Vermelho Amarelo (LVA1) na Microbacia do Rio Jardim, DF.....	120

Tabela 5. 6. Reclassificação dos mapas de Longitudinal Curvature (LC) e LSFactor (LSF), e respectivos pesos para a geração do Mapa Distribuição da Classe de solo Latossolo Vermelho Amarelo (LVA2) na Microbacia do Rio Jardim, DF.....	121
Tabela 5. 7. Reclassificação das classes de solo dos Mapa de Associação de Solos Hidromórficos da Microbacia do Rio Jardim, DF, Distribuição de Morrotes de Plintossolos Pétricos na Microbacia do Rio Jardim, DF, Distribuição de Neossolos Regolíticos e solo	125
Tabela 5. 8. Matriz de Confusão dos pontos de validação.	135
Tabela 5. 9. Valores de Índice Kappa e Acurácia do usuário e produtor.	136

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2. 1. Mapa de localização da área de estudo na porção leste do Distrito Federal, correspondendo à bacia do rio Preto no DF, apresentado em Modelo Numérico do Terreno (MNT).	32
Figura 2. 2. Mapa de localização da microbacia do rio Jardim, inserida na bacia do rio Preto no DF, apresentada em Modelo Numérico do Terreno (MNT).....	33
Figura 2. 3. Mapa geológico do Distrito Federal com individualização da bacia do rio Preto no DF e da microbacia do rio Jardim, representativa da primeira.....	37
Figura 2. 4. Compartimentação Geomorfológica proposta por Penteado (1976).	41
Figura 2. 5. Mapa Geomorfológico do Distrito Federal.	42
Figura 2. 6. Compartimentação Geomorfológica do DF Martins e Baptista (1998).	43
Figura 2. 7. Mapa pedológico do Distrito Federal (Embrapa, 1978).	444
Figura 3. 1. Mapa de localização e das classes de altitude da área de estudo da microbacia do rio Jardim, representativa da bacia hidrográfica do Rio Preto no Distrito Federal	54
Figura 3. 2. Localizaçãodas topossequências e perfis de solos caracterizados na microbacia do rio Jardim, DF	58
Figura 3. 3. Perfil topográfico da topossequência 1 e disposição dos perfis no terreno.	59
Figura 3. 4. Perfil topográfico da topossequência 2 ribeirão Alto Jardim e disposição dos perfis no terreno.	59

Figura 3. 5. Perfil topográfico da topossequência 3 córrego São Gonçalo e disposição dos perfis no terreno.....	60
Figura 3. 6. Perfil topográfico da topossequência 4 Barra Alta e disposição dos perfis no terreno.....	60
Figura 4. 1. Mapa de Distribuição dos Morros Residuais da Bacia do Rio Preto, DF.	95
Figura 4. 2. Mapa de Drenagem da Bacia do Rio Preto, DF.	97
Figura 4. 3. Mapa Alticlinométrico da Bacia do Rio Preto, DF.	98
Figura 4. .4. Mapa de Feições Geomorfológicas Atuais da Bacia do Rio Preto no DF.....	99
Figura 5. 1. Mapa de localização da área de estudo da microbacia do rio Jardim, representativa da bacia hidrográfica do Rio Preto no Distrito Federal.....	114
Figura 5. 2. Organograma das operações para gerar mapas de classes de solos, Plintossolo Pétrico (FF) e Latossolos Vermelho Amarelo 1 e 2 (LVA1 e LVA2).....	122
Figura 5. 3. Organograma das operações para gerar mapas de classes de solos Neossolo Regolítico (RR), Latossolo Vermelho (LV) e associação Latossolo Vermelho mais Latossolo Vermelho Amarelo (LVLVA).	123
Figura 5. 4. Organograma das operações para gerar mapas de classes de solos Neossolo Regolítico (RR), Latossolo Vermelho (LV) e associação Latossolo Vermelho mais Latossolo Vermelho Amarelo (LVLVA).	124
Figura 5. 5. Mapa de Distribuição de Associação de Solos Hidromórficos na Bacia do Rio Jardim, DF.	126

Figura 5. 6. Mapa de Distribuição dos Morrotes Relictuais com Associação Plintossolos Pétricos Concrecionários e Neossolos Regolíticos.....	128
Figura 5. 7. Mapa de Distribuição de Neossolos Regolíticos com Associação de Latossolos-Vermelho Amarelos Petroplínticos e Plintossolos Pétricos Concrecionários.....	129
Figura 5. 8. Mapa de Distribuição dos Latossolos Vermelho Amarelos Petroplíntico.....	131
Figura 5. 9. Perfil Topográfico da Topossequência 1 córrego Estanislau.....	132
Figura 5. 10. Perfil Topográfico da Topossequência 2 Ribeirão Jardim.	133
Figura 5. 11. Mapa de distribuição do Latossolo Vermelho	133
Figura 5. 12. Mapa de Distribuição de Classes de Solo da microbacia do Rio Jardim.....	134

ÍNDICE DE FOTOGRAFIAS

Foto 3.1. Plintossolos Pétricos Concrecionários típico de ocorrência em morrotes relictuais na bacia do Rio Jardim, DF.	74
Foto 3. 2. Plintossolo Pétrico Concrecionário típico. Ocorrência na bacia do Rio Jardim, DF, impedindo a atuação de processos pedogenético.	75
Foto 3. 3. Pintossolo Pétrico Concrecionário latossólico, com restos de horizonte concrecionário no horizonte A.....	76
Foto 5.1. Perfil 8, topossequência 4, Neossolo Rgolítico.....	96
Foto 4. 2 Paisagem da bacia do rio Preto, vista de leste para oeste, à margem da DF-100, mostrando a distribuição dos morrotes residuais de Plintossolos Pétricos Concrecionários na Superfície Geomorfológica da Bacia do Rio Preto, DF.	101

LISTA DE ABREVIações

CODEPLAN – Companhia de Planejamento do Distrito Federal

EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária

PAD-DF – Programa de Assentamento Dirigido do Distrito Federal

SICAD – Sistema Cartográfico do Distrito Federal

SIG – Sistema de Informação Geográfica

ESRI – Environmental Systems Research Institute.

SAGA GIS - *System for Automated Geoscientific Analyses Geographic Information System*

GIS - *Geographic Information System*

TWI – Índice Topográfico de Umidade

WI - Índice de Umidade

CSC – Curvatura Seccional Cruzada

LG – Curvatura Longitudinal

LSF – Fator entre comprimento e inclinação

Tx - Textura

MDS – Mapeamento Digital de Solos

MDE – Modelo Digital de Elevação

MNT – Modelo Numérico de Terreno

LV – Latossolo Vermelho

LVA – Latossolo Vermelho Amarelo

FF – Plintossolo Pétrico

RR – Neossolo Regolítico

CX – Cambissolo Háplico

GX - Gleissolo

SH – Associação de Solos Hidromórficos

GPS – *Global Position System*

SIG - Sistema de Informação Geográfica

CAPÍTULO 1 – INTRODUÇÃO GERAL E REFERENCIAL BIBLIOGRÁFICO

1.1 INTRODUÇÃO

Para conciliar o crescimento populacional mundial, nacional e do Distrito Federal ao desenvolvimento sustentável, torna-se necessário uma estratégia de planejamento que tenha como base informações capazes de orientar as decisões racionais adequadas a serem tomadas em relação ao uso das terras. O mapa de solos é apontado como a ferramenta apropriada para se obter tais informações. No entanto, o Brasil ainda apresenta uma demanda muito grande por mapeamentos de solos, com grau de detalhamento que venha a atender as necessidades de informações adequadas, principalmente com relação ao uso sustentável das terras (Larach, 1981).

Muitas ocorrências de áreas que foram cedidas inapropriadamente para uso agrícola, tais inadequações causam a degradação do solo nos aspectos físicos e químicos e acarretam perdas ao meio ambiente (Capoane e Santos, 2012), estes erros poderiam ser evitados com o uso de mapas de solo em escala adequada. Problemas de desmoronamentos e de formação de voçorocas em meio urbano também seriam na implantação de vias públicas em cidades sem o devido evitados com o conhecimento dos solos e planejamento inadequado do traçado de vias públicas (Silva e Santos et al., 2015), sendo que o processo recuperação da fertilidade, ou de áreas degradadas tem custo alto devido a necessidade de várias operações e uso de insumos (Venturoli et al., 2013).

Para a confecção de mapas de solos, segundo Resende et al. (2007), cabe ao pedólogo estabelecer as relações entre os solos e as diferentes feições

das paisagens, bem como a distribuição espacial e os limites entre as unidades de mapeamento estabelecidas.

O Brasil, conforme descrito por Figueiredo et al. (2008) tem cerca de 80% de seus solos mapeados em escala de 1:1.000.000, em levantamento produzido pelo projeto RADAMBRASIL (1984).

Demattê et al. (2004b) relatam a crescente necessidade de estudos de monitoramento ambiental, bem como as condições de uso dos recursos naturais. Contudo, para que tal procedimento seja executado corretamente, é necessário que o mapeamento dos solos seja realizado em escala compatível com os objetivos propostos. Porém, o método tradicional de levantamento de solos é demorado, de custo elevado e demanda grande quantidade de análises laboratoriais (McBratney et al., 2003).

Desde 1886, em função da preocupação com a variabilidade das classes de solos e suas propriedades, Vasily Dokuchaev (Dokuchaev, 1886), pesquisou dados relacionados aos recursos naturais que possibilitassem explicar tal variabilidade, e postulou sua hipótese sobre os fatores de formação dos solos em 1886 (Dokuchaev, 1886), considerada como a base atual para a elaboração de modelos de mapeamentos digitais de solos. Em 1899, esse pesquisador publicou na sua língua natal, o russo, a equação com os fatores de formação do solo. Tal publicação possibilitou que pesquisadores estudassem o assunto possibilitando o desenvolvimento de modelos de predição de classes de solo, como o de Hans Jenny em 1941 (Jenny, 1941), denominado CLORPT, que estabelece que, o solo, é resultado da interação de cinco fatores: clima (CL), organismos (O), relevo (R), material de origem (P) e tempo (T). Desde esta

época os conceitos de gênese de solos têm sido exaustivamente estudados e evoluídos.

Posteriormente, em 2003, McBratney et al. (2003) propuseram o modelo empírico chamado SCORPAN, onde, S é o solo (outras propriedades do solo em um determinado ponto), C é clima (propriedades climáticas locais), O representa organismos (vegetação, fauna e atividade humana), R é o relevo (topografia, variáveis morfométricas), P é material de origem (Litologias), A idade (tempo), e N é o espaço (posição espacial).

Dentre os fatores de formação do solo, o relevo tem importância fundamental na distinção das classes de solos que podem se desenvolverem a partir do mesmo material de origem (Varajão et al. 2009; Campos et al. 2012). Essa importância foi ressaltada no modelo proposto por McBratney et al. (2003), onde R, (relevo), não se refere apenas a altitude, mas à compartimentação geomorfológica e suas variáveis morfométricas. Pode-se citar, entre tantos outros, o trabalho de Carvalho Junior et al. (2008), em estudo sobre Argissolos da Faixa Atlântica do Brasil, em domínio de três regiões geomorfológicas diferentes, que mostraram diferenças na espessura do horizonte B textural, em função do desenvolvimento destes solos relacionados a distintas feições geomorfológicas.

Deve-se destacar, ainda, o grande incremento do desenvolvimento das técnicas computacionais e a manipulação e tratamento da grande quantidade de informações por meio das técnicas e processos que são utilizados em todas as áreas do conhecimento, tal como ressaltado por McBratney et al. (2003). A Ciência do Solo é uma dessas áreas, com a geração de grandes bancos de dados regionais, nacionais e continentais, que são armazenados, tratados e

processados por estas técnicas. O desafio, no entanto, é saber utilizar essa tecnologia e fazer uso das novas ferramentas, tais como os GPS – *Global Position System*, Sistemas de Informações Geográficas (SIG), Modelos de Elevação Digital (MED) e novas tecnologias de sensoriamento remoto. As novas técnicas desenvolvidas nas últimas décadas têm auxiliado a demanda global, que necessita do monitoramento e uso adequado dos solos, uma vez que possibilitam a confecção de mapas digitais de solos com custos inferiores aos gerados por levantamentos e mapeamentos tradicionais, bem como a redução no tempo de elaboração (Dobos et al., 2000).

No Distrito Federal, a principal fonte de informação disponível sobre pedologia ainda é o levantamento de reconhecimento de solos, confeccionado em escala 1:100.000, realizado pela Embrapa, por meio do Serviço Nacional de Levantamento de Solo (Embrapa, 1978). Existem, ainda, mapeamentos realizados em pequenas porções do Distrito Federal, como o levantamento de solos nas bacias do rio Jardim, realizado por Reatto et al. (2000), que resultou em mapa de solos semidetalhado, na escala 1:50.000. Os levantamentos pedológicos existentes, demonstram a necessidade atual de realização de mapeamentos de solos em escalas de maior detalhamento para atender as demandas crescentes de utilização das terras de maneira sustentável.

Desta forma, o presente estudo propõem-se, em avaliar as feições geomorfológicas do relevo e as classes de solos associadas da superfície geomorfológica localizada na porção leste do Distrito Federal, utilizando técnicas de mapeamento digital por meio de pedometria.

1.2 JUSTIFICATIVA

- a) A avaliação das feições geomorfológicas das superfícies localizadas na porção leste do Distrito Federal e seus substratos geológicos, controladores da evolução geomorfológica no Distrito Federal, auxiliaram no entendimento do desenvolvimento e distribuição de classes de solos desta região. O estabelecimento das relações entre classes de solos, superfícies geomorfológicas e substratos geológicos, quando fundamentalmente realizadas, são importantes na geração de parâmetros para um mapeamento de solos mais detalhado e preciso.
- b) O alto custo e tempo necessários para realização do levantamento tradicional de solos, particularmente em escala de detalhe a semi-detalhe, fundamentais para atender as demandas atuais por mapas pedológicos mais detalhados, torna necessária a utilização de novas técnicas e métodos de mapeamento, por intermédio das metodologias agrupadas sob a designação de mapeamento digital de solos (MDS) ou pedometria. O MDS e a pedometria utilizam várias técnicas computacionais e matemáticas, aliadas à evolução crescente dos produtos de sensoriamento remoto, na coleta de informações, e possibilitam o mapeamento de solos em escalas mais detalhadas, com custo e tempo menores, gerando mapas de solos mais próximos da realidade encontrada.

1.3 HIPÓTESES

Através do levantamento dos atributos do relevo e características físicas dos solos é possível a identificação das feições geomorfológicas utilizando ferramentas do Sistema de Informação Geográfica (SIG).

O uso de ferramentas de SIG possibilita executar um modelo preditivo de distribuição de classes de solo, utilizando atributos do relevo e índices fisiográficos dos solos.

1.4 OBJETIVOS GERAIS

O presente estudo teve como objetivo geral estabelecer as relações pedomorfogeológicas da região, por meio da avaliação da geologia, feições geomorfológicas do relevo e as classes de solos associadas da Bacia do Rio Preto, localizada na porção leste do Distrito Federal, de forma a possibilitar a elaboração do mapa pedológico da área com a utilização de técnicas de mapeamento digital dos solos em escala 1:25.000.

1.4.1 Objetivos específicos

1- Avaliar a influência das feições geomorfológicas e as geológicas relacionadas com o desenvolvimento, distribuição e caracterização das classes de solos da Bacia do Rio Preto, localizada na porção leste do Distrito Federal;

2- Por meio do modelo pedomorfogeológico estabelecido da área de estudo, realizar o mapeamento digital dos solos, mediante pedometria, da Bacia do Rio Jardim, DF, considerada como área-piloto da área total estudada.

3- Validar o mapeamento pedológico realizado por meio de caracterização de perfis de controle ao longo da área mapeada.

1.5 REFERENCIAL BIBLIOGRÁFICO

1.5.1 Solos e Geomorfologia

O termo solo origina-se do latim *solum*, podendo significar suporte, superfície ou base, onde sua definição apresenta variações de significados segundo o propósito do estudo. Em agronomia, ou na agricultura, o solo é o meio, ou substrato necessário para o desenvolvimento das plantas, (Miller, 1993).

A formação dos solos e a evolução neo-geológica estão intimamente relacionadas, sendo, portanto, dependente dos eventos geológicos mais recentes ocorridos na região (Resende et al., 2007). É importante observar, ainda, a característica dinâmica do relevo, quando observado e estudado em escala temporal e geológica (Kohler, 2002), uma vez que ocorre o constante movimento de partículas minerais ou elementos químicos, que são extraídos de uma rocha ou horizonte pedológico e carregados ou lixiviados para outra região.

A dinâmica e as formas do relevo terrestre são estudadas pela geomorfologia, definida por Coltrinari (2011) como a ciência que estuda as formas da superfície terrestre, sua distribuição e suas relações mútuas, sua origem e sua evolução passada e atual. Joly (1977) por sua vez, considera que a geomorfologia é o ramo da geografia física que se ocupa com o estudo da gênese, evolução e relações espaciais das formas do relevo terrestre.

Segundo Coltrinari (2011), os estudos geomorfológicos são direcionados ao estudo das formas identificadas na superfície terrestre, seja esta subaérea ou submarina, das placas litosféricas continentais às crateras modeladas pelas gotas de chuva, indo desde aquelas que permanecem por milhões de anos às que duram menos de um segundo.

Dylik (1968) cita que a extrema variedade espaço-temporal das feições da superfície e do seu significado histórico-genético, essa grande variedade no espaço, e sua complexidade de entendimento de cada feição, tornaram necessários para a geomorfologia a preocupação com a descrição e a classificação de seus objetos de estudo. Esta necessidade levou a emprestar da geografia procedimentos descritivos e classificatórios, em particular os relacionados com os aspectos morfométricos e morfológicos. A necessidade de representação desses fatos conduziu, posteriormente ao desenvolvimento da cartografia temática específica onde, aos elementos descritivos, foram incorporadas as informações genéticas e cronológicas (Coltrinari, 2011).

1.5.2 Morfometria do Relevo – Mapeamento digital geomorfológico

Na geomorfologia, a geomorfometria, considerada a ciência que tem como objetivo descrever a superfície topográfica de forma quantitativa, possibilita fomentar dados para as diferentes áreas de conhecimento, como, computação, matemática, engenharia civil e ciências da terra (Evans, 1972; Macmillan e Shary, 2009; Pike et al., 2009). Este ramo da ciência destaca a importância das formas do terreno na paisagem para compreender os processos geomorfológicos, geológicos, hidrológicos, ecológicos e de formação dos solos. As formas do terreno são utilizadas na interpretação ou inferência de processos superficiais como erosão e denudação (áreas convexas) ou acumulação e deposição (áreas côncavas) (Macmillan e Shary, 2009).

Dentro desse contexto, é importante destacar que as características conferidas ao relevo pelos processos de intemperismo e erosão moldam a paisagem e conferem propriedades ao solo (Iwashita et al., 2012). Considerando

essa influência do relevo na formação dos solos, modelos de predição solo-paisagem fornecem uma abordagem para analisar e prever a distribuição espacial das propriedades do solo com base na variabilidade e correlações ambientais, particularmente topográficas e parâmetros hidrológicos (Moore et al., 1991 e McSweeney et al., 1994).

As características morfométricas do relevo podem ser extraídas de modelos de elevação digital, facilitando a extração de medidas, como inclinação, aspecto, curvatura horizontal e curvatura vertical (Valeriano, 2008). Dentre os estudos realizados nesse tema pode-se citar Mudd e Furbish (2004) e Yoo et al. (2007), que incorporaram as características morfométricas de relevo aos modelos físicos e químicos de intempéries de encostas. Segundo esses autores, a heterogeneidade das formas das colinas afeta as características de intemperismo do solo. Como exemplo, observa-se que as áreas côncavas em colinas estão frequentemente associadas aos fluxos hidrológicos convergentes e, portanto, têm maior umidade média do solo do que as áreas convexas. Já as regiões convexas (que caracterizam cumes e cumeeiras) são mais suscetíveis à erosão e remoção de massas, especialmente argilas e sedimentos mais sujeitos ao transporte, enquanto que as áreas côncavas constituem um ambiente deposicional (Heimsath et al., 1997). Os autores apontam para a possibilidade de se estabelecer uma relação entre a morfometria das colinas, textura do solo e material de origem da região.

Segundo Gallant e Wilson (2000), os atributos do terreno podem ser divididos em atributos primários ou secundários (compostos), sendo os atributos primários diretamente calculados a partir do Modelo Numérico do Terreno (MNT) e incluem variáveis como: elevação, declividade, aspecto, plano e perfil de

curvatura. Os atributos secundários são derivados dos dados pertinentes aos atributos primários ou mesmo o cruzamento de dois ou mais atributos, como, comprimento do caminho do fluxo e área específica de contribuição, índice topográfico de umidade, índice de posição topográfica, índice de rugosidade do terreno entre outros.

De acordo com Hall e Olson (1991) e Phillips et al. (2001), a curvatura do terreno modifica a força erosiva do fluxo superficial de água e influencia o caminho do movimento desta através do solo. Desta forma, os solos tendem a se tornarem saturados e a infiltração ocorre nas partes inferiores da encosta e nas posições elevadas onde a encosta é côncava (fluxo superficial de água convergente). Por sua vez, Gallant e Wilson (2000) citam que nas encostas convexas, onde o fluxo superficial de água é divergente, a força erosiva da água é menor do que nas encostas côncavas, tornando a remoção do solo pela erosão menos expressiva.

Ippoliti et al. (2005), utilizando a análise digital do terreno no estudo de avaliação do relevo, enfatizam que os principais atributos topográficos usados são: a elevação, a declividade, a orientação e a curvatura da superfície terrestre. Segundo os autores, métodos que organizam e classificam a superfície de acordo com um modelo morfométrico, apresentam potencial para melhorar a predição de ocorrência das classes de solos, sendo observado que a posição da paisagem influencia os processos de formação dos solos bem como seus atributos. Diante do exposto, os autores propuseram um procedimento para a extração de informações morfométricas para fins de mapeamento pedológico utilizando dados digitais de elevação e Sistema de Informação Geográfica (SIG). Utilizando as ferramentas do SIG, foi feita uma análise quantitativa da superfície

de uma microbacia localizada no Córrego Ipiúna, município de Viçosa (MG), objetivando a identificação e a classificação das geoformas e a sua correlação com as classes de solos. Os autores afirmam que as informações extraídas do modelo digital do terreno (MDT) mostrou ser uma ferramenta capaz de avaliar e quantificar as geoformas do relevo. Os autores derivaram, a partir de um MDT, os atributos do terreno, tais como elevação, declividade e curvatura para delimitar as pedoformas na região de Viçosa (MG), obtiveram uma exatidão global de 72 % na classificação das formas da paisagem e boa correlação entre as classes de solos obtidas com as classes de solos dominantes. Segundo os autores, a abordagem utilizada mostrou-se uma alternativa rápida e econômica em comparação ao delineamento manual a partir da utilização de análise estereoscópica de fotografias aéreas.

A análise digital do terreno permite o delineamento de unidades de solo-paisagem com rapidez e economia, sendo aplicada na quantificação e classificação do relevo, proporcionando ainda a definição automática ou semi-automática das unidades morfológicas da paisagem (Moore et al., 1993; Irvin et al., 1997). Pode-se, também, integrar mais informações ao modelo como geologia e cobertura das terras, para obtenção de relações geopedológicas e geomorfopelógicas associadas à distribuição das classes de solos.

Chagas et al. (2013) utilizaram a curvatura do terreno como um dos fatores de predição de classes de solo, onde foi possível identificar que a curvatura do terreno, que controla o fluxo superficial de água no solo, é o principal fator que determina a profundidade do solo entre as encostas côncavas e convexas, com os solos menos profundos ocupando as encostas côncavas e os mais profundos as encostas convexas.

1.5.3 Substrato Geológico

O estudo da relação entre o material de origem e a formação do solo, segundo Jenny (1941) tem fundamental importância na dinâmica do mapeamento preditivo de classes de solos.

Pode-se constatar, ainda, que em regiões com as mesmas condições climáticas e com características de relevo semelhantes, pode-se originar classes de solos diferentes, devido às diferentes constituição e estrutura do material de origem. Como exemplo pode-se citar o estudo realizado por Reatto et al. (2002), que efetuaram o levantamento dos solos na Área de Proteção Ambiental - APA de Cafuringa, situada no extremo noroeste do Distrito Federal. Nesse levantamento os autores mapearam Argissolos Vermelho-Amarelos (PVA) em condição de relevo ondulado a forte-ondulado, com discriminação de PVAs distróficos quando desenvolvidos sobre substrato psamo-pelito carbonatado e PVAs eutróficos quando o material de origem é constituído por lentes de calcário. Portanto, a variação na composição do material de origem influencia a classificação do solo, mesmo se tratando em solos localizados na mesma região.

1.5.4 Pedometria - Mapeamento Digital de Solos (MDS)

O Mapeamento Digital dos Solos (MDS) é definido como um sistema de informações espaciais do solo derivado de observações, conhecimentos das classes de solos e de variáveis ambientais correlacionadas, e executado a partir de modelos numéricos que utilizam as variações espaciais e temporais das classes de solos, assim como suas propriedades (Lagacherie e McBratney, 2007).

O mapeamento de solos é uma atividade complexa, uma vez que vários fatores precisam ser considerados nos modelos de predição de classes de solos. Diante desta complexidade, o uso do SIG e sensoriamento remoto, contêm ferramentas que podem auxiliar na interpretação das diversas variáveis e agilizar a confecção dos mapas pedológicos (McBratney et al. 2003).

O Brasil é um país de dimensões continentais, com grande carência e informações básicas dos recursos naturais. Tal carência é devido ao alto custo dos levantamentos tradicionais. Entre os recursos naturais, os solos têm uma grande importância, cujo mapeamento detalhado auxilia no planejamento de uso sustentável das terras. Desta forma, torna-se necessário a adoção de tecnologias modernas para a execução dos levantamentos de solos específicos e em escalas mais detalhadas, para atender as necessidades das atividades a serem desenvolvidas, podendo ser, o planejamento e escolha de áreas para assentamentos, demarcação das áreas de preservação, planejamento urbano, rodovias e obras de infraestrutura, etc.

Demattê et al. (2004b) apontam para a crescente demanda por estudos de planejamentos e monitoramentos ambientais, os quais necessitam de mapeamento de solos em escalas compatíveis com tais estudos e que exigem alto nível de detalhamento da distribuição das classes de solo, ou seja grandes escalas, 1:10.000 ou 1:5.000.

Durante a realização de um estudo de identificação de unidades de solo em uma bacia na região Amazônica, Novaes Filho et al. (2007), apontam para a dificuldade de se trabalhar com mapas pedológicos de escalas pequenas, principalmente quando se trata de estudo em bacias hidrográficas e propriedades rurais.

A falta de mapas de solo adequados às necessidades atuais não é um problema brasileiro localizado, mas abrange o mundo todo. Segundo Hartemink et al. (2012), o primeiro mapa pedológico dos Estados Unidos foi feito em Wisconsin pelo geólogo Chamberlin em 1882. Os mesmos autores mencionam que levantamentos mais detalhados dos solos foram concluídos e, a partir de 1990 e no início de 2000, os mapas de solos foram digitalizados, passando a ser amplamente utilizados nas diversas áreas de atuação humana, desde a agricultura até a saúde pública.

Para Coelho e Giasson (2010), o MDS traz grandes vantagens em relação ao mapeamento tradicional de solos, além da economia de recursos e tempo, principalmente para a produção de mapas preditivos de classes de solos em grandes escalas, possibilita extrapolar as informações obtidas para áreas semelhantes não mapeadas. Figueiredo et al. (2008) também destacaram que os levantamentos pedológicos tradicionais ficam restritos a pequenas áreas, devido ao alto custo, demandando muito tempo e trabalho, além da necessidade de recursos humanos especializados. As técnicas utilizadas para o mapeamento digital dos solos utilizando os atributos topográficos do terreno em meio digital é designada por Hengl (2003) de pedometria. Höfig et al. (2014), apontam para o aumento da viabilidade da execução dos levantamentos de solos através do mapeamento digital de solos (MDS) e utilização de informações digitais de relevo.

Jenny (1941) propôs um modelo de formação do solo baseado nos fatores de formação, onde o solo (S) é uma função do clima (cl); organismos (o); relevo (r); material de origem (p) e tempo (t), conforme equação 1.

$$S = f (cl,o,r,p,t) \qquad \text{Eq. 1}$$

McBratney et al. (2003) propuseram a inclusão do solo na Eq. 1 como um dos fatores de formação da classe de solo, uma vez que a posição do solo na paisagem está correlacionada com suas propriedades, podendo assim ser predito, e o fator espacial, considerando que o solo pode ser predito a partir de informações ambientais da sua vizinhança. O modelo proposto foi denominado de “SCORPAN” apresentado na equação 2.

$$Sc = f (s,c,o,r,p,a,n) \qquad \text{Eq.2}$$

Onde a classe do solo (Sc) é uma função do solo (s); clima (c); organismos (o); relevo (r); material de origem (p); tempo (a) e posição espacial (n).

De acordo com Dalmolin e Ten Caten (2015), o modelo SCORPAN, proposto por McBratney et al. (2003), estabeleceu uma nova fase para o MDS, pois se trata de um modelo determinístico empírico dos fatores de formação do solo proposto por Jenny (CLORPT), (Jenny, 1941). No qual, as classes, os atributos e as propriedades, são preditos de maneira quantitativa como funções espaciais, sendo possível a execução mediante a utilização das novas tecnologias digitais existentes.

Desta forma, os mapeamentos de solos têm utilizado a tecnologia computacional, substituindo rapidamente os mapas pedológicos analógicos, onde tal fato pode ser constatado pelos diversos trabalhos comprovando a eficiência no mapeamento de solos, utilizando ferramentas automatizadas associadas a avaliações em campo e técnicas que utilizam modelos pedomorfogeológicos (Machado, 2002, Ippoliti et al., 2003; Demattê et al., 2004b; Sirtoli et al., 2008; Zhu et al., 2010; Lacerda e Barbosa, 2012, Bazaglia Filho et al., 2013; Arruda et al., 2013, Calderano Filho et al., 2014

, Vasques et al., 2014; Höfig et al, 2014, e Chaves, 2015).

Cita-se, também, o trabalho de Sousa Junior e Demattê (2008), que utilizaram modelos digitais de elevação, com o objetivo de caracterizar unidades de mapeamento de solos nas regiões de Ibaté e São Carlos, (SP), desenvolvidos de materiais basálticos e areníticos, sendo que a caracterização e distribuição das classes de solo foi feita em função da declividade e altitudes. Por meio desta metodologia obtiveram aumento da acurácia do mapeamento de solos, economizando custos e tempo, ao se comparar aos métodos tradicionais.

Outro exemplo é o estudo das relações pedomorfogeológicas e distribuição de pedoformas, realizado por Lacerda e Barbosa (2012), em uma reserva ecológica no Distrito Federal. Os autores utilizaram mapas pedológicos, geomorfológicos e geológicos, assim como imagens de satélite e cartas planialtimétricas em escala 1:10.000 da base de dados da CODEPLAN-DF/SICAD (1991) como material básico de referência. Com procedimentos computacionais foi possível produzir um mapa de pedoformas, com detalhamento das feições das unidades geomorfológicas e associação e distribuição dos solos na paisagem.

Segundo Demattê et al. (2011), com o surgimento do sensoriamento remoto espectral (espectrorradiometria) foram publicados artigos que analisaram a reflectância dos solos como forma de se identificar as classes de solos, sendo que inúmeros artigos foram publicados utilizando atributos topográficos e feições de relevo e rede de drenagem na caracterização de solos. Os autores avaliaram as potencialidades das várias metodologias para a caracterização das classes de solo da região de Piracicaba, (SP), tais como: método tradicional; associações com aspectos da paisagem obtidos por interpretação de fotografias aéreas e por imagens de satélite; relações com as classes de declividade e de altitude,

extraídas de modelos digitais de terreno. Concluíram que a utilização dos métodos de forma isolada não possibilita a diferenciação das classes de solo, mas que a interpretação das associações das informações permite observar distinção entre formas padrões e de distribuição de classes de solos.

Diversos estudos têm sido realizados na área de MDS, com a utilização de diversas formas de análises pedométricas, tais como, lógica *fuzzy* (Nolasco-Carvalho et al., 2009; Lima; 2013, Souza, 2015), árvores de decisão (Crivelenti et al., 2009; Giasson et al., 2011, Giasson et al., 2013; Teske et al., 2014; Höfig et al., 2014; Giasson et al., 2015), redes neurais (Chagas et al., 2010; Carvalho Junior et al., 2011; Calderano Filho et al., 2014), regressões logísticas múltiplas (Giasson et al. 2006; Figueiredo et al., 2008; Coelho e Giasson, 2010; Ten Caten et al., 2011), krigagem (Kraemer, 2007; Valladares et al., 2009; Lima et al., 2014), geotecnologias (Demattê et al., 2004b; Demattê et al., 2011; Demattê et al., 2012; Lacerda e Barbosa, 2012).

1.5.5 Lógica Fuzzy

Odeh et al. (1990) usando técnicas de geoestatística no mapeamento convencional de solos, com intuito de melhorar a distribuição das classes de solos em mapeamentos, utilizaram a inferência *fuzzy* para processar os dados provenientes de levantamentos de solos feitos por meio de transecções em uma área determinada. As técnicas de classificação *fuzzy* permitem transferências de informações mais precisas. Assim, os valores de atributos dos solos podem ser estimados para qualquer localização geográfica dentro da área mapeada. Essas técnicas melhoraram os limites entre as classes de solo, pois estes têm natureza contínua, característica importante a ser considerada, uma vez que a variação

espacial do solo é geralmente gradual e as fronteiras existentes são geralmente difusas. Nesse sentido a classificação *fuzzy* pode ser mais realista do que os métodos convencionais.

Segundo Mendonça-Santos e Santos (2003) a lógica e os conjuntos difusos (*fuzzy*) trata-se de uma técnica utilizada em pedometria para quantificar a imprecisão, técnica introduzida por Zadeh (1965), que trabalha com conceitos não exatos, onde as classes são indefinidas e com limites indeterminados (conceitos não exatos). Ao contrário da lógica clássica que informa a construção da matriz de confusão em uma escala de dois valores de "verdadeira" ou "falsa", a lógica difusa reconhece os níveis contínuos de "verdades" nas observações humanas (Zadeh, 1965). Além disso, e talvez mais importante, conceitos difusos refletem a maneira como os cientistas do solo veem o solo, seus atributos e relações pedomorfogeológicas. Apesar de usar limites agudos para representar as unidades de classes de solo, pedólogos, de fato, concordam com a falta de precisão das transições entre diferentes classes de solo (Burrough et al., 1997).

Mendonça-Santos e Santos (2003), se referem à lógica Fuzzy como a evolução da lógica Boleana (verdadeiro ou falso), onde um elemento está contido ou não em um determinado conjunto, ampliando o conceito, onde um elemento pode estar contido totalmente, parcialmente ou não estar contido em um dado conjunto, onde o grau de pertinência pode variar entre 0 e 1. Os autores enfatizam que esses conceitos e técnicas têm sido aplicados na ciência dos solos e em várias outras áreas do conhecimento.

Nolasco-Carvalho et al. (2009), observaram que a modelagem por lógica *fuzzy*, utilizando dados preexistentes correlacionados aos fatores de formação dos solos, quando associados ao conhecimento dos especialistas, proporcionou

a predição de unidades de mapeamentos de classes de solo e mapas digitais com escala de detalhe. Os autores observaram, também, uma maior heterogeneidade das classes de solo, bem como eficiência na operação e redução das etapas dos levantamentos de campo.

Carvalho et al. (2009) propuseram metodologia para mapeamento digital de solos utilizando modelos de predição de classes de solo com uso da inferência *fuzzy*. Os autores ressaltaram que a metodologia desenvolvida a partir do modelo de inferência para solos – SoLIM, depende de dados referentes à distribuição das classes de solo bem como das relações pedomorfogeológicas, pois o modelo é alicerçado na equação de formação dos solos. Os dados, extraídos do Modelo Numérico do Terreno – MNT, da vegetação e da geologia, foram associados ao conhecimento do pedólogo e integrados em ambiente SIG (Sistema de Informações Geográficas) sob inferência *fuzzy*. A aplicação do modelo por lógica *fuzzy* permitiu apontar as incertezas e transições da distribuição de classes de solo, gerando um mapa digital de classes de solo que, ao ser comparado com o mapa convencional da área, mostrou maior heterogeneidade na distribuição espacial, ou seja, pode-se obter mapa de classes de solo em escala de detalhe ou semi detalhe, contudo, a confirmação da aplicabilidade da metodologia depende da validação de campo e da repetição em outras áreas.

1.6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ARRUDA, G. P.; DEMATTÊ, J. A. M.; CHAGAS, C. S. Mapeamento Digital de Solos por Redes Neurais Artificiais com base na relação solo-paisagem. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.37, p.327-338, 2013.

BAZAGLIA FILHO, O.; RIZZO, R.; LEPSCH, I. F.; PRADO, H.; GOMES, F. H.; MAZZA, J. A.; DEMATTÊ, J. A. M. Comparison between detailed digital and conventional soil maps of an area with complex geology. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 37, p.1136-1148, 2013.

BURROUGH, P.A., VAN GAANS, P.F.M., HOOTSMANS, R., Continuous classification in soil survey: spatial correlation, confusion and boundaries. **Geoderma** 77, p. 115–136, 1997.

CALDERANO FILHO, B.; POLIVANOV, H.; CHAGAS, C. DA S.; CARVALHO JÚNIOR, W. DE; BARROSO, E. V.; GUERRA, A. J. T.; CALDERANO, S. B. Artificial neural networks applied for soil class prediction in mountainous landscape of the Serra do Mar **Revista Brasileira de Ciência do Solo** vol.38 no.6. 2014.

CAMPOS, M. C. C., RIBEIRO M. R., SOUZA JÚNIOR, V. S. DE, RIBEIRO FILHO M. R.; ALMEIDA, M. DA C. DE. Relações Solo-Superfície Geomórfica em uma Topossequência Várzea-Terra Firme na Região de Humaitá (AM) **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 36, p. 325-336, 2012.

CAPOANE, V.; DOS SANTOS, D. R. Análise qualitativa do uso e ocupação da terra no assentamento Alvorada, Júlio de Castilhos – Rio Grande do Sul. **Revista NERA**. Presidente Prudente. Nº 20. P. 193 – 205. 2012.

CARVALHO, C. C. N., ROCHA, W. F., & UCHA, J. M. Mapa digital de solos: Uma proposta metodológica usando inferência fuzzy. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.13, n.1, p.46–55, 2009.

CARVALHO JUNIOR, W.; CHAGAS, C. S.; FERNANDES FILHO, E. I.; VIEIRA, C. A. O.; SCHAEFER, C. E. G.; BHERING, S. B.; FRANCELINO, M. R. Digital soilscape mapping of tropical hillslope areas by neural networks. **Scientia Agrícola**, v.68, n.6, p.691-696, 2011.

CARVALHO JUNIOR, W.DE, SCHAEFER, C. E. G.R., CHAGAS, C. DA S. (2) & FERNANDES FILHO E. I. Análise Multivariada de Argissolos da Faixa Atlântica Brasileira. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, V. 32, p. 2081-2090, 2008.

CHAGAS, C.S.; FERNANDES FILHO, E.I.; VIEIRA, C.A.O.; SCHAEFER, C.E.G.R.; CARVALHO JÚNIOR, W. Atributos topográficos e dados do Landsat7 no mapeamento digital de solos com uso de redes neurais. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.45, n.5, p.497-507, 2010.

CHAGAS, C. DA S., FERNANDES FILHO, E. I., BHERING, S. B. Relações entre Atributos do Terreno, Material de Origem e Solos em uma Área no nordeste do Estado do Rio de Janeiro. **Sociedade e Natureza**, Uberlândia, 25, n1, p. 147-162, 2013

CHAVES, A. A. A. **Distribuição dos Solos Associados ao Cultivo de Cafés de Qualidade na Serra da Mantiqueira Mineira**. Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária, Universidade de Brasília - Brasília, 2016; 186 p. Tese de Doutorado.

CODEPLAN/SICAD. Folhas topográficas escala 10.000. **Sistema SICAD de mapeamento do Distrito Federal**. Brasília, CODEPLAN, 1991.

COELHO, F. F.; GIASSON, E. Métodos para mapeamento digital de solos com utilização de sistema de informação geográfica. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.40, n.10, p.2099-2106, 2010.

COLTRINARI L. Cartografia geomorfológica detalhada: A representação gráfica do relevo entre 1950-1970, **Revista Brasileira de Geomorfologia** - v. 12, nº 3, 2011.

CRIVELENTI, R. C.; COELHO, R. M.; ADAMI, S. F.; OLIVEIRA, S. R. M. O. Mineração de dados para inferência de relações solo-paisagem em mapeamentos digitais de solo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.44, n.12, p.1707-1715, 2009.

DALMOLIN, R. S. D.; TEN CATEN, A. Mapeamento Digital: nova abordagem em levantamento de solos. **Investigación Agraria**, v.17, n.2, p.77-86, 2015.

DEMATTE, J. A. M.; GENÚ, A. M.; FIORIO, P. R.; ORTIZ, J. L.; MAZZA, J. A.; LEONARDO, H. C. L. Comparação entre mapas de solos obtidos por sensoriamento remoto espectral e pelo método convencional. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.39, n.12, p.1219-1229, 2004b.

DEMATTE, J. A. M.; RIZZO, R.; BORTOLETTO, M. A. M. Método geotecnológico integrativo na caracterização de solos desenvolvidos de diferentes materiais de origem. **Bragantia**, Campinas, v.70, n.3, p.638-648, 2011.

DEMATTE, J. A. M.; VASQUES, G. M.; CORRÊA, E. A.; ARRUDA, G. P. Fotopedologia, espectroscopia e sistema de informação geográfica na caracterização de solos desenvolvidos do Grupo Barreiras no Amapá. **Bragantia**, Campinas, v.71, n.3, p.438-446, 2012.

DYLIK, J. Notion du versant en geomorphologie. Bull. Acad.Pol. Sci. Série des Sc.Geol.Geogr., v.16, n.2,p.125-132, 1968.

DOBOS, E.; MICHELI, E.; BAUMGARDNER, M. F.; BIEHL, L.; HELT, T. Use of combined digital elevation model and satellite data for regional soil mapping.

Geoderma, v.97, p.367-391, 2000.

DOKUCHAEV, V. V. Materials on Land Evaluation of the Nizhni Novgorod Governorate. Natural and Historical Part: Report to the Nizhni Novgorod Governorate Zemstvo. Vol. 1: **Key Points in the History of Land Evaluation in the European Russia, with Classification of Russian Soils** (Tipogr. Evdokimova, St. Petersburg, 1886) [in Russian].

DOKUCHAEV, V. V. Report to the Transcaucasian Statistiscal Committee on Land Evaluation in **General and Especially for the Transcaucasia. Horizontal and Vertical Soil Zones** (Tipogr. kantselyarii Glavnonachal'stvuyushchego grazhdanskoi chast'yu na Kavkaze, Tiflis, 1899) [in Russian].

EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solo. **Levantamento e Reconhecimento dos Solos do Distrito Federal**. Rio de Janeiro, Embrapa-SNLCS. 1978. 455p. (Embrapa-SNLCS. Boletim técnico, 53).

EVANS, I.S. General geomorphology, derivatives of altitude and descriptive statistics. In: Chorley, R.J. (Ed.), **Spatial Analysis in Geomorphology**. Methuen & Co. Ltd, London, pp. 17–90. 1972.

FIGUEIREDO, S. R., GIASSON E., TORNQUIST C. G.; NASCIMENTO P. C. Uso de Regressão Logística Múltipla Para Mapeamento Digital de Solo no Planalto Médio do RS. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, V. 32 :2779-2785, 2008, Número Especial.

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 & Sons, 2000. p.51-85.

GIASSON E.; CLARKE, R. T.; INDA JUNIOR A. V.; MERTEN, G. H.; TORNQUIST, C.G. Digital soil mapping using multiple logistic regression on terrain parameters in southern Brazil. **Scientia Agricola**. v.63, n.3, p.262-268, 2006.

GIASSON, E.; SARMENTO, E. C.; WEBER, E.; FLORES, C. A.; HASENACK, H. Decision trees for digital soil mapping on subtropical basaltic steeplands. **Scientia Agricola**. v.68, n.2, p.167-174, 2011.

GIASSON, E.; HARTEMINK, A. E.; TORNQUIST, C. G.; TESKE, R.; BAGATINI, T. Avaliação de cinco algoritmos de árvores de decisão e três tipos de modelos digitais de elevação para mapeamento digital de solos a nível semidetalhado na Bacia do Lageado Grande, RS, Brasil. **Ciência Rural**, v.43, p.61-67, 2013.

GIASSON, E.; TEN CATEN, A.; BAGATINI, T.; BONFATTI, B. Instance selection in digital soil mapping: a study case in Rio Grande do Sul, Brazil. **Ciência Rural**, v.45, n.9, p.1592-1598, 2015.

HARTEMINK, A. E., LOWERY, B., WACKER C., Soil maps of Wisconsin. **Geoderma** 189, 451–461, 2012.

HALL, G. F.; OLSON, C. G. Predicting variability of soils from landscape models. In: MAUSBACH, M. J. & WILDING, L. P. (Eds.). *Spatial variabilities of soils and landforms*. Madison, Wisconsin: **Soil Science Society of America**, 1991. p.9-24. (SSSA Special Publication; nº 28).

HEIMSATH, A.M., DIETRICH, W.E., NISHIZUMI, K., FINKEL, R.C., The soil production function and the landscape equilibrium. **Nature** 388, 358–361, 1997.

HENGL, T. **Pedometric mapping: bridging the gaps between conventional and pedometric approaches**. Wageningen University, Enschede, 2003. 233p. PhD thesis – Wageningen University. Disponível em: http://spatial-analyst.net/wiki/index.php?title=Pedometric_mapping:_PhD_thesis. Acesso: 22/09/2016.

HÖFIG, P.; GIASSON, E.; VENDRAME, P. R. S. Mapeamento digital de solos com base na extrapolação de mapas entre áreas fisiograficamente semelhantes. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.49, n.12, p.958-966, 2014.

IPPOLITI, G.; COSTA, L. M.; GAGGERO, M. R.; SCHAEFER, C. E.; FILHO, E. I. F. Uso de Geoprocessamento para levantamento preliminar de solos em uma microbacia na Zona da MATA (MG). In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 11, 2003, Belo Horizonte. **Anais...** São José dos Campos: INPE. 2003, p.153-160. CD ROM.

IPPOLITI, R. G. A.; COSTA, L. M.; SCHAEFER, C. E. G. R.; FERNANDES FILHO, E. I.; GAGGERO, M. R. Análise digital do terreno: ferramenta na identificação de pedoformas em microbacia na região de “Mar de Morros” (MG). **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.29, p.269-276, 2005.

IRVIN, B. J.; VENTURA, S. J.; SLATER, B. K. Fuzzy and isodata classification of landform elements from digital terrain data in Pleasant Valley, Wisconsin. **Geoderma**, Amsterdam, v.77, n.2/4, p.137-154, 1997.

IWASHITA, F.; FRIEDEL, M. J.; RIBEIRO, G. F.; FRASER, S. J. Intelligent estimation of spatially distributed soil physical properties. **Geoderma**, 170, p.1–10, 2012.

JENNY, H. **Factors of Soil Formation**. A System of Quantitative Pedology, DOVER PUBLICATIONS, INC. New York, 1941. 281 p.

JOLY, F. Point de vue sur la géomorphologie. **Annales de Géographie**, v. 6, n.477, p.522-541, 1977.

KOHLER, H. C. A Escala na Análise Geomorfológica, **Revista Brasileira de Geomorfologia**, Ano 3, Nº 1, p. 11-19, 2002.

KRAEMER G. B. **Variabilidade espacial dos atributos do solo na delimitação das unidades de mapeamento**. 2007. 87p. (Dissertação de Mestrado). Universidade Federal do Paraná, Curitiba, PR.

LACERDA, M. P. C.; E BARBOSA, I. O. Relações Pedomorfogeológicas e Distribuição de Pedoformas na Estação Ecológica de Águas Emendadas, Distrito Federal. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 36, p. 709-721, 2012.

LAGACHERIE, P.; MCBRATNEY, A. B. Spatial soil information systems and spatial soil inference systems: perspectives for digital soil mapping. In: LAGACHERIE, P. MCBRATNEY, A. B; Voltz M. **Digital soil mapping: an introductory perspective**. Amsterdam: Elsevier, Cap. 1, p.3-22. 2007.

LARACH, J. O. I. **Base para leitura de mapas de solos**. Rio de Janeiro:EMBRAPA-SNLCS, 1981. 91p. (EMBRAPA-SNLCS. Série Miscelânea, 4).

LIMA, L. A. S. **Aplicação dos métodos semi-automático e lógica fuzzy para o mapeamento de solos da bacia do Sarandi**. 124 p. (Dissertação de Mestrado). Universidade de Brasília, Brasília, DF. 2013.

LIMA, G. C.; SILVA, M. L. N.; OLIVEIRA, M. S.; CURI, N.; SILVA, M. A.; OLIVEIRA, A. H. Variabilidade de atributos do solo sob pastagens e mata atlântica na escala de microbacia hidrográfica. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.18, n.5, p.517–526, 2014.

McBRATNEY, A. B.; ODEH, I. O. A.; BISHOP, T. F. A.; DUNBAR, M. S.; SHATAR, T. M. An overview of pedometric techniques for use in soil survey. **Geoderma**, Amsterdam, v. 97, n. 3-4, p. 293-327, 2000.

McBRATNEY, A. B.; SANTOS, M. L. M.; MINASNY, B. On digital soil mapping. **Geoderma**, v. 117, p. 3-52, 2003.

MACHADO, M. L. **Caracterização de agroecossistemas cafeeiros da Zona da Mata de Minas Gerais, usando Sensoriamento Remoto e Sistemas de Informações Geográficas**. 137p. Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG. 2002. Dissertação de Mestrado.

MACMILLAN, R.A.; SHARY, P. A. Landforms and Landform Elements in Geomorphometry. In: HENGL, T.; REUTER, H.I. **Geomorphometry: Concepts, Software, Applications**. Elsevier, v. 33, Cap. 9, p. 227-254. 2009.

MCSWEENEY, K.; GESSLER, P.E.; HAMMER, D.; BELL, J.; PETERSEN, G.W. Towards a new framework for modeling the soil-landscape continuum. In R.G. Amundsen et al. (ed.) **Factors of soil formation: A fiftieth anniversary perspective**. Soil Science Society American, Madison, WI. Special Publication, no. 33. p. 127-145. 1994.

MENDONÇA-SANTOS M. L.; SANTOS H. G. dos. **Mapeamento Digital de Classes e Atributos de Solos - Métodos, paradigmas e novas técnicas**. Rio de Janeiro: Embrapa Solos. 2003.19p. (Documentos, 55)

MILLER, F.P. Soil Science: A scope broader than its identity. **Soil Science Society American Journal**., 57, 299 - 564, 1993.

- MOORE, I.D., GRAYSON, R.B., LADSON, A. R. Digital terrain modeling: A review of Hydrological, geomorphological a biological application. **Hydrological Processes**, V. 5, p. 3-30, 1991.
- MOORE, I. D.; GESSLER, P. E.; NIELSEN, G. A.; PETERSON, G. A. Soil attribute prediction using terrain analysis. **Soil Science Society of American Journal**, v.57, p.443-452, 1993.
- MUDD, S.M., FURBISH, D.J., Influence of chemical denudation on hillslope morphology. **Journal of Geophysical Research**, 109, 2004.
- NOVAES FILHO, J. P., COUTO, E. G., OLIVEIRA, V. A. DE, JOHNSON, M. S., LEHMANN J. & RIHA, S. S. Variabilidade espacial de atributos físicos de solo usada na identificação de classes pedológicas de microbacias na Amazônia meridional **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 31, 91-100, 2007.
- NOLASCO-CARVALHO, C. C.; FRANCA-ROCHA, W.; UCHA, J. M. Mapa digital de solos: uma proposta metodológica usando inferência fuzzy. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.13, n.1, p.46-55, 2009.
- ODEH, I. O. A.; McBRATNEY, A. B.; CHITTLEBOROUGH, D. J. Design of optimal sample spacings for mapping soil using fuzzy-k-means and regionalized variable theory. **Geoderma**, Amsterdam, v. 47, p. 93-122, 1990.
- PHILLIPS, D. H.; Foss, J.E.; Stiles, C.A.; Trettin, C.C.; Luxmoore R.J. Soil-landscape relationships at the lower reaches of a watershed at Bear Creek near Oak Ridge, Tennessee. **Catena**, v.44, p.205-222, 2001.
- PIKE, R.J.; EVANS, I.S.; HENGL, T. Geomorphometry: A Brief Guide. In: HENGL, T.;
- RADAMBRASIL (1984) **Levantamentos de recursos naturais, Folha SD. 23 – Brasília**. Ministério de Minas e Energia - Secretaria Geral, vol. 19.

REATTO, A.; CORREIA J. R.; SPERA, S. T.; CHAGAS, C. DA S.; MARTINS, É. DE S.; ANDAHUR, J. P.; GODOY M. J. S.; ASSAD, M. L. C. L. Levantamento Semidetalhado dos Solos da bacia do Rio Jardim-Df, escala 1:50.000. **Boletim de pesquisa** - Embrapa Cerrados Planaltina n. 18 p.1-63 setembro, 2000.

REATTO, A., MARTINS, E. S., FARIAS, M. F., DA SILVA, A. V., SPERA, S. T. Levantamento de Reconhecimento de Alta Intensidade dos Solos da APA de Cafuringa-DF, escala 1:100.000. **Boletim de Desenvolvimento de Pesquisa 47**, Embrapa Cerrados, dezembro de 2002.

RESENDE, M.; CURI, N.; REZENDE, S.B.; CORRÊA, G.F. **Pedologia: Base para distinção de ambientes**. 5.ed. Lavras, Universidade Federal de Lavras, 2007. 322p.

Santos e Silva, M. G., Lobón, G. S., Ferreira, N. C., Scalize, P. S. Análise evolutiva de processo erosivo acelerado em uma área urbana da cidade de Goiânia. **Revista Monografias Ambientais** Santa Maria, v. 14, n. 2, p. 38-48. 2015.

SANTOS, R. D.; LEMOS, R. C.; SANTOS, H. G.; KER, J. C.; ANJOS, L. H. C. **Manual de descrição e coleta de solo no campo**. 5ª ed. Viçosa, MG, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2013. 100p.

SANTOS E SILVA, M. G., LOBÓN, G. S., FERREIRA, N. C., SCALIZE, P. S. Análise evolutiva de processo erosivo acelerado em uma área urbana da cidade de Goiânia. **Revista Monografias Ambientais**, Santa Maria, v. 14, n. 2, p. 38-48. 2015.

SIRTOLI, A. E.; SILVEIRA, C. T; MANTOVANI, L. E.; SIRTOLI, A. R. A.; OKAFIORI, C. Atributos do relevo derivados de modelo digital de elevação e suas relações com solos. **Scientia Agraria**, Curitiba, v.9, n.3, p.317-329, 2008.

SOUSA JUNIOR, J. G. A.; DEMATTÊ, J. A. M. Modelo digital de elevação na caracterização de solos desenvolvidos de basalto e material arenítico. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.32, p.449-456, 2008.

SOUZA, R. Q. **Pedomorfogeologia e mapeamento digital de solos com horizonte B textural e B nítico em uma área piloto no planalto central do Brasil**. 2015. 143p. (Dissertação de Mestrado). Universidade de Brasília, Brasília, DF.

TEN CATEN, A.; DALMOLIN, R. S. D.; PEDRON, F. A.; MENDONÇA-SANTOS, M. L. regressões logísticas múltiplas: fatores que influenciam sua aplicação na predição de classes de solos. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.35, n.1, p.53-62, 2011.

TEN CATEN, A.; DALMOLIN, R. S. D.; RUIZ, L. F. C. Digital soil mapping: strategy for data pre-processing. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**. vol.36 no.4, 2012.

TESKE, R.; GIASSON, E.; BAGATINI, T. Comparação do uso de modelos digitais de elevação em mapeamento digital de solos em Dois Irmãos, RS, Brasil. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.38, n.5, p.1367-1376, 2014.

VALLADARES, G. S.; AZEVEDO, E. C.; CAMARGO, O. A.; GREGO, C. R.; RASTOLDO, A. M. C. S. Variabilidade espacial e disponibilidade de cobre e zinco em solos de vinhedos e adjacências. **Bragantia**, Campinas, v.68, n.3, p.733-742, 2009.

VALERIANO, M.M., Topodata: Guia para utilização de dados geomorfométricos locais. **Report INPE-15318-RPQ/818. Divisão de Sensoriamento Remoto**, Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, 75 pp, 2008.

VARAJÃO, C. A. C., SALGADO, A. A. R., VARAJÃO, A. F. D. C., BRAUCHER, R., COLIN, F., NALINI JR., H. A. Estudo da evolução da paisagem do quadrilátero ferrífero (Minas Gerais, Brasil) por meio da mensuração das taxas de erosão e da pedogênese. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.33, p.1409-1425, 2009.

VASQUES, G. M.; DEMATTÊ, J. A. M.; ROSSEL, R. A. V.; RAMÍREZ-LÓPEZ, L.; TERRA, F.S. Soil classification using visible/near-infrared diffuse reflectance spectra from multiple depths. **Geoderma**. v.223, p.73-78, 2014.

VENTUROLI F, VENTUROLI S, BORGES JD, CASTRO DS, SOUSA DM, MONTEIRO MM. Incremento de espécies arbóreas em plantio de recuperação de área degradada em solo de cerrado no Distrito Federal. **Bioscience Journal**; V29, 1, p 143-151. 2013.

YOO, K., AMUNDSON, R., HEIMSATH, A.M., DIETRICH, W.E., BRIMHALL, G.H., Integration of geochemical mass balance with sediment transport to calculate rates of soil loss chemical weathering and transport on hillslopes. **Journal of Geophysical Research**, 112, 2. 2007.

ZADEH, L. A. *Fuzzy sets*. **Information and Control**. v.8, p.338-353, 1965.

CAPÍTULO 2 – LOCALIZAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

2.1 Localização das Áreas de Estudo

A bacia hidrográfica do rio Preto tem uma extensão de 1.045.900 hectares e encontra-se inserida no Distrito Federal e estados de Goiás e Minas Gerais. No Distrito Federal a bacia representa uma área de 131.300 hectares, significando 22,5 % do seu território (Carneiro et al. 2007). Esta bacia está contida na Região Hidrográfica do São Francisco (Figura 2.1).

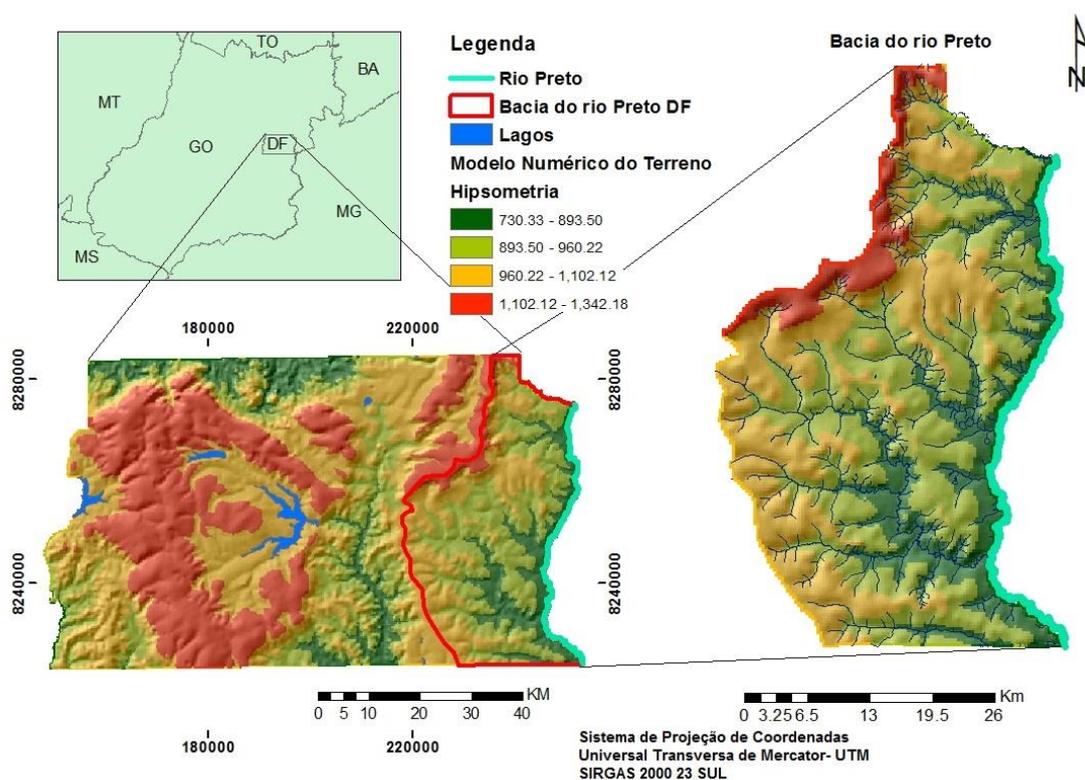


Figura 2. 1. Mapa de localização da área de estudo na porção leste do Distrito Federal, correspondendo à bacia do rio Preto no DF, apresentado em Modelo Numérico do Terreno (MNT).

Para o estudo e MDS foi selecionada a microbacia hidrográfica do rio Jardim, Distrito Federal (DF) (Figura 2.2). Essa microbacia possui extensão territorial de 52.952 ha e foi selecionada por ser considerada como área-piloto

representativa da porção leste do DF, uma vez que apresenta todas as características naturais presentes na bacia do rio Preto no DF.

A microbacia do Rio Jardim consiste em uma área agrícola responsável pela grande produção agropecuária do DF. Segundo Dolabella (1996) e Emater (2009), trata-se da principal área cultivada por grãos (milho, soja, trigo e feijão), parte das hortaliças e das frutas, além de grande quantidade de carne bovina e de frango, bem como um volume significativo de leite.

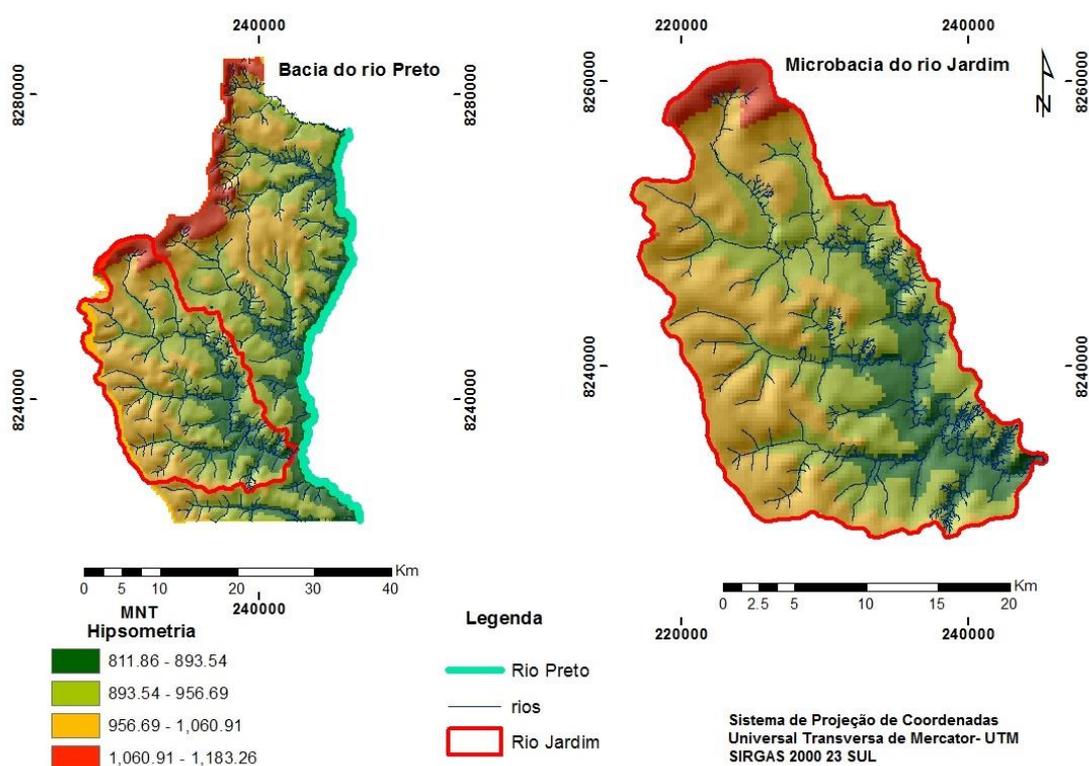


Figura 2. 2. 1 Mapa de localização da microbacia do rio Jardim, inserida na bacia do rio Preto no DF, apresentada em Modelo Numérico do Terreno (MNT).

2.2 Caracterização da área de estudo

2.2.1 Núcleos Rurais da Bacia do Rio Jardim

As áreas de exploração agropecuária no Distrito Federal são divididas em núcleos rurais ou assentamentos. Na microbacia do rio Jardim estão compreendidos dois núcleos rurais: Tabatinga e Jardim, e um assentamento,

denominado de Programa de Assentamento Dirigido do Distrito Federal (PAD/DF).

2.2.1.1 Núcleo Rural Tabatinga

O Núcleo Rural Tabatinga localiza-se na área rural de Planaltina-DF. É formado em sua maioria por pequenas propriedades, caracterizadas pela diversidade da produção agrícola, sendo ocupada por horticultura e fruticultura diversificada, produção de grãos, e está completamente inserida na bacia do Rio Jardim (Emater, 2009b)

A produção de grãos na região representou 19,20 % em relação ao Distrito Federal na safra de 2007/2008. As atividades produtivas na agricultura irrigada, que merecem destaque são o feijão, o milho e o trigo, que produziram, nesta mesma safra, 424 toneladas, ocupando uma área de 79,40 ha. As culturas perenes (fruticultura) ocupam uma área de 39,40 ha com uma produção de 254 toneladas de frutas. Já as culturas anuais ocuparam uma área de 14.615,50 ha, atingindo a produção de 83.112 toneladas (Emater, 2008).

2.2.1.2 Núcleo Rural Jardim

Segundo a Emater (2009b), as características fisiográficas do Núcleo Rural Jardim favorecem os cultivos de grãos, sendo que as culturas de soja e milho ocupam 80% do total da área de 14.050 ha, predominantemente ocupada por médias e grandes propriedades, sendo sua produção conduzida por 42 empreendedores.

A olericultura é praticada por 73 empreendedores em uma área de 132 ha, onde as atividades são desenvolvidas com nível tecnológico intermediário

em sistemas convencionais de produção. A fruticultura é explorada em uma área de 98 ha por 34 empreendedores, com destaque para a produção de limão. Por fim, a atividade pecuária está sendo bastante praticada pelos agricultores familiares, sendo destaque a bovinocultura de leite (Emater, 2009b).

2.2.1.1.3 PAD-DF

O Programa de Assentamento Dirigido do Distrito Federal (PAD/DF), representa um programa concebido e implantado pelo Governo Distrital no início de 1977 com o objetivo de ocupar grandes extensões do Cerrado com o agronegócio moderno, oferecendo terras a produtores da região sul do país. (Carneiro et al., 2012).

2.2.2 Clima das regiões de estudo

De acordo com a classificação climática de Köppen (1918), as áreas com cotas altimétricas abaixo de 1.000 m enquadram-se na classificação climática Aw. Esta classificação caracteriza-se por temperaturas para o mês mais frio, superiores a 18°C, verão chuvoso e inverno seco. No mês mais seco, as precipitações são inferiores a 60 mm. De acordo com Reatto et al. (2000), a bacia se enquadra nesta última classificação, com os dados pluviométricos da área, de novembro a março, variando entre 150 a 300 mm/mês, e temperaturas máximas de 30°C e mínimas de 18°C, também dentro desses meses.

A média anual das precipitações oscila entre 1.200 a 1.800 milímetros (Costa et al., 2012). A estação seca é bastante rigorosa e estende-se, aproximadamente, de maio a setembro, chegando a ocorrer ausência de chuvas nesses meses, em alguns anos extremamente secos. Por outro lado, a estação

chuvosa vai de outubro a abril e apresenta maior pluviosidade no período de dezembro a março, quando se concentram mais de 80 % do total anual de chuvas (Embrapa, 1978).

2.2.3 Geologia das áreas de estudo

A geologia é um fator condicionante da evolução da paisagem, agindo diretamente na geomorfologia, bem como nos processos de formação e distribuição das diferentes classes de solos, suas propriedades e características físicas e químicas, determinando a natureza e intensidade dos processos erosivos. Além disso, influencia na distribuição dos reservatórios de águas subterrâneas e exercendo controle na disponibilidade hídrica da superfície, entre outros (Freitas-Silva e Campos, 1998).

A geologia do Distrito Federal faz parte da Província Tocantins, inserida em sua porção leste, localizada mais acuradamente na porção central da Faixa de Dobramento e Cavalgamentos Brasília (Campos, 2004). Apresenta evolução lito-estrutural ocorrida em um único evento deformacional relacionado ao Ciclo Orogenético Brasileiro, a aproximadamente 570 Ma no final do Neoproterozóico, evento ocorrido em cinco fases hierarquizadas. O ciclo Neoproterozóico, caracterizou-se por tectônica compressiva com orientação oeste para leste, em direção ao Cráton São Francisco. As quatro primeiras fases do ciclo com deformações tipo dobramentos e fraturamentos, de caráter dúctil-rúptil foram responsáveis pela formação dos domos de Brasília, do Pípiripau e Sobradinho e bacias estruturais. No período da última fase se desenvolveram as estruturas de fraturamento, de caráter rúptil (Freitas-Silva e Campos, 1998).

A área do Distrito Federal está geologicamente representada por unidades litológicas do Grupo Bambuí (Freitas-Silva e Campos, 1998), constituídas por metassiltitos e metassiltitos argilosos, metargilitos e raras intercalações de meta-arcóseos, além de algumas litologias do Grupo Paranoá e Canastra (Freitas-Silva e Campos, 1998). Desta forma, a geologia da microbacia do rio Preto é composta por rochas atribuídas aos grupos Bambuí, Paranoá e Canastra, respectivamente com ocorrências de cerca de 15; 65; e 15% da área total do Distrito Federal (DF) (Figura 2.3).

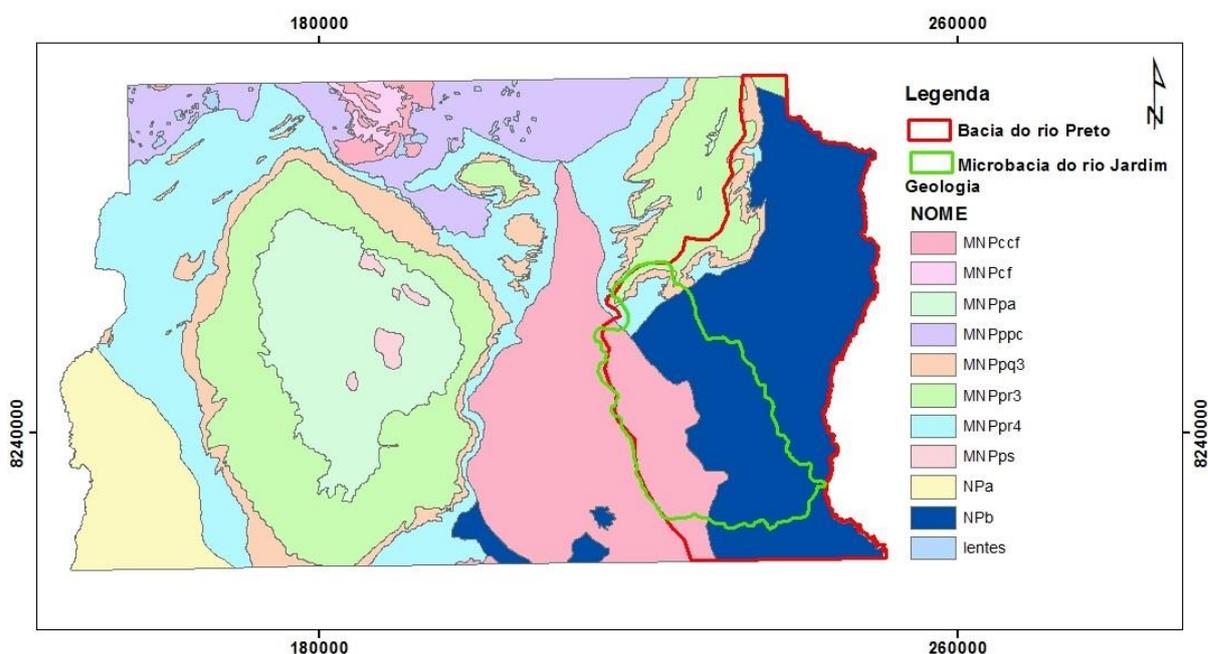


Figura 2. 3. Mapa geológico do Distrito Federal com individualização da bacia do rio Preto no DF e da microbacia do rio Jardim, representativa da primeira.

Fonte: Adaptado de Freitas-Silva e Campos (1998).

2.2.3.1 Grupo Bambuí

Segundo Freitas-Silva e Campos (1998), o Grupo Bambuí está distribuído na porção oriental do DF ao longo de todo o Vale do Rio Preto desde a

confluência do Ribeirão Santa Rita com o Rio Preto, sendo tal ribeirão afluente da margem direita desse rio.

O Grupo Bambuí é a única unidade Proterozóica que se distribui de norte a sul por toda a extensão da Faixa Brasília, ao longo de sua borda externa. Entretanto, apenas no seu setor meridional e na região da Serra de São Domingos, as diferentes formações do grupo foram individualizadas em mapas. Nas demais áreas da Faixa Brasília apenas sua formação de topo (Formação Três Marias) foi individualizada, as demais formações aparecem em conjunto, sob a denominação Subgrupo Paraopeba Indiviso (Freitas-Silva e Campos, 1998).

O Grupo Bambuí é representado por um conjunto metassíltico-argiloso de muito baixo grau metamórfico, onde as litofácies são correlacionáveis ao topo pela Formação Serra da Saudade e à base pela Formação Três Marias (Freitas-Silva e Campos, 1998).

No DF o Grupo Bambuí aflora em drenagens e raros cortes de estradas, sendo sua maior área recoberta por uma espessa camada de Latossolos. É composto por uma sequência essencialmente pelítica com metargilitos e metassiltitos argilosos, apresentando cores de alteração que variam de tons violáceos a avermelhados, passando por cores rosadas e amareladas (Freitas-Silva e Campos, 1998).

2.2.3.2 Grupo Canastra

O Grupo Canastra ocupa cerca de 15 % da área total do DF, sendo distribuído pelos vales dos rios São Bartolomeu (na porção central do DF) e Maranhão (na porção centro-noroeste do DF). É constituído essencialmente por

filitos variados, que correspondem a rochas metamórficas de granulação fina, intermediária entre xisto e a ardósia, (Leinz e Leonardos, 1977), os quais incluem clorita filitos, quartzo-fengita filitos e clorita-carbonato filitos. Além dos filitos ocorrem subordinadamente, na forma de lentes decamétricas, mármore finos cinza-claro e quartzitos finos silicificados e cataclasados. No DF ocorrem metassedimentos correlacionáveis às formações Serra do Landim e Paracatu (Freitas Silva e Dardenne, 1994).

2.2.3.3 Grupo Paranoá

Segundo Campos (2004), o Grupo Paranoá ocupa cerca de 65 % da área total do Distrito Federal, sendo possível caracterizar sete unidades litoestratigráficas correlacionáveis, da base para o topo, com as sequências deposicionais Q2, S, A, R3, Q3, R4 e PC das áreas-tipo da região de Alto Paraíso de Goiás (Faria, 1995). Segundo o autor essas unidades apresentam as seguintes características:

Unidade Q2: é caracterizada por quartzitos médios com leitos conglomeráticos em direção ao topo do pacote. Ocorre restritamente na borda leste do Domo Estrutural do Pípiripau.

Unidade S: no Distrito Federal é composta por metassiltitos maciços e metarritmitos arenosos próximos ao topo da sequência, localmente podem ocorrer camadas de quartzitos estratificados e mais raramente são observadas, em poços, lentes de meta-calcários cinza.

Unidade das ardósias (A): é constituída por um expressivo conjunto de ardósias roxas, homogêneas, dobradas, com forte clivagem ardosiana e com ocasionais quatro lentes irregulares de quartzitos, que ocupam variadas posições

estratigráficas. As ardósias apresentam coloração cinza escuro, quando frescas, e intensamente fraturadas em afloramentos. O acamamento sedimentar é a única estrutura sedimentar observada em afloramentos.

Os metarritmitos da Unidade R3 são caracterizados por intercalações irregulares de quartzitos finos, brancos e laminados com camadas de metassiltitos, metalamitos e metassiltitos argilosos com cores cinza escuro, quando frescos, que passam para tons rosados a avermelhados, quando próximos à superfície.

A Unidade Q3 é composta por quartzitos finos a médios, brancos ou rosados, silicificados e intensamente fraturados. Sustenta o relevo de chapadas elevadas em cotas superiores a 1.200 m.

Sobrepondo a Unidade Q3 ocorrem os metarritmitos argilosos da Unidade R4. Esses são constituídos por intercalações regulares de quartzitos e metapelitos, com espessuras bastante regulares da ordem de 1 a 3 cm. Apenas raramente são discriminados pacotes decimétricos de metassiltitos maciços.

A Unidade PC é predominantemente pelítica, com ardósias cinzas e metassiltitos argilosos associados com lentes de mármore finos. São comuns os níveis decimétricos a métricos, lenticulares ou não, de quartzitos médios, grossos e até conglomeráticos, apresentando tonalidades escuras. Sua espessura varia de 120 a 150 m.

2.2.4 Geomorfologia das áreas de estudo

Penteado (1976) compartimentou o Distrito Federal em três unidades, sendo a mais elevada entre 1.050 a 1.300 m de altitude, que compreende a Chapada de Contagem e o Pediplano de Brasília (Primeira Superfície Geomorfológica), a Segunda Superfície Geomorfológica entre 950 m a 1.050 m,

e a Terceira Superfície abaixo de 950 m, que englobam as bacias do Rio Maranhão, Rio São Bartolomeu, Rio Descoberto, Rio Alagado e Rio preto (Figura 2.4).

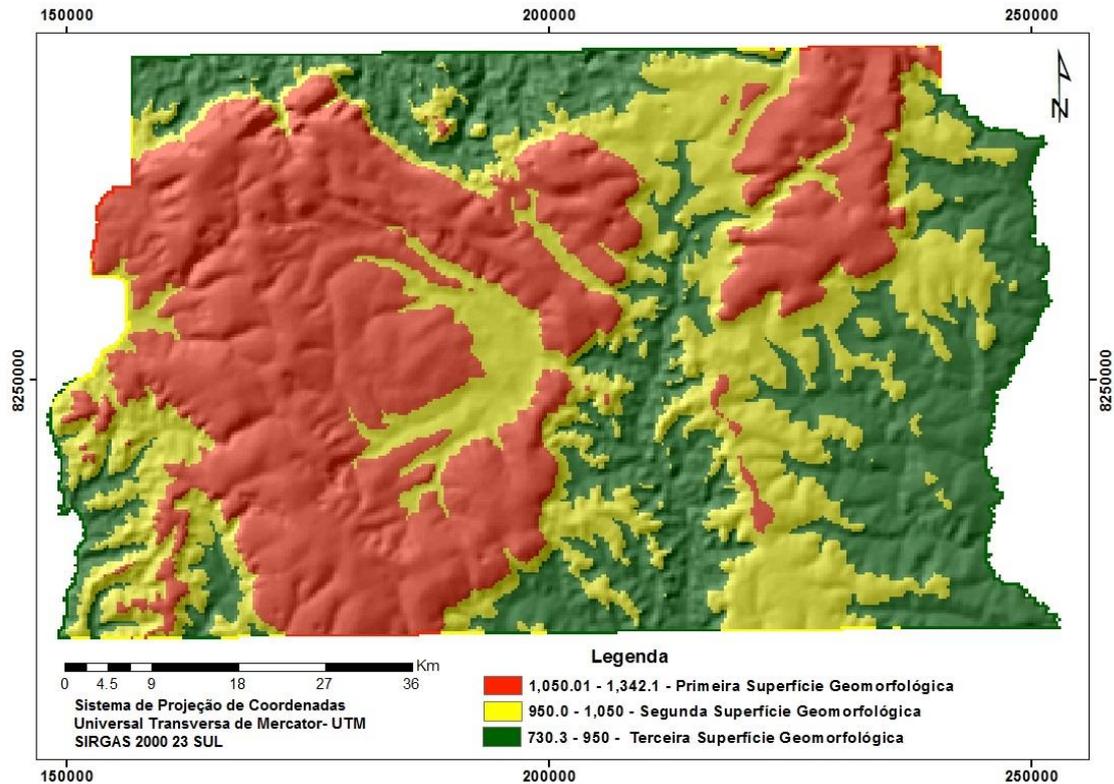


Figura 2. 4. Compartimentação Geomorfológica proposta por Penteadó (1976). Adaptado de Penteadó (1976).

Segundo Novaes Pinto (1987), o Distrito Federal é composto por três superfícies geomorfológicas (Figura 2.5), denominando-as de: A) Região de Chapada; B) Região de Dissecação Intermediária; e C) Região de Vales de Dissecação. A autora subdividiu cada região em sub-unidades, onde as Chapadas de Contagem foram distribuídas em Região de Chapadas (A1), Chapada de Brasília (A2), Chapada do Píripau (A3), Chapada do Divisor São Bartolomeu – Rio Preto (A4) e Chapada do Divisor Descoberto – Alagado (A5). Esta superfície teve seus limites definidos entre 1.050 m e 1.300 m. A superfície

de Dissecação Intermediária foi dividida em Depressão do Paranoá (B6) e Vale do Rio Preto (B7). A superfície de Vales de Dissecação engloba as bacias do alto Rio Maranhão (C8), São Bartolomeu (C9, 10 e 11), Rio Descoberto e Rio Alagado (C12 e 13).

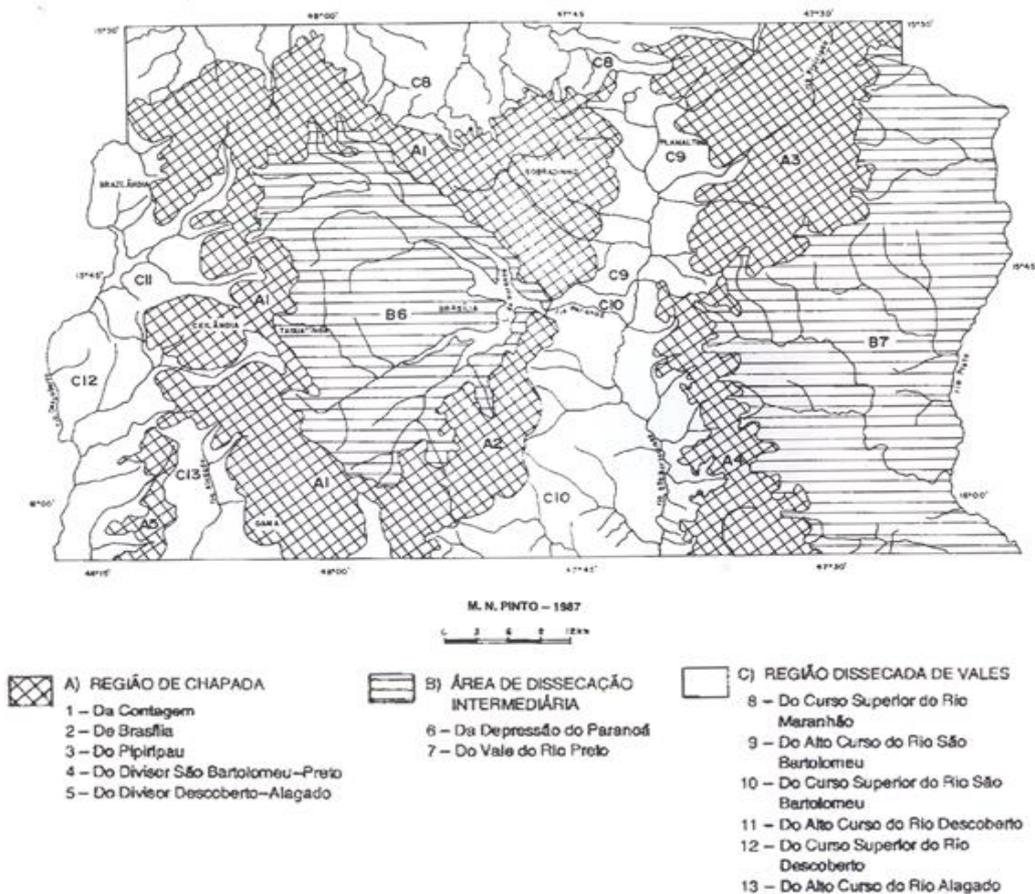


Figura 2. 5. Mapa Geomorfológico do Distrito Federal.

Fonte: Adaptado de Novaes Pinto (1987).

Segundo Novaes Pinto (1994) a região da bacia do rio Preto está localizada na Segunda Superfície Geomorfológica do DF, com altitudes inferiores a 1.050 m, sendo classificada como superfície de Dissecação Intermediária do Vale do Rio Preto (B7), ambas na Região Dissecada de Vale.

Já Martins e Baptista (1998) propuseram a compartimentação geomorfológica do Distrito Federal tomando como base os sistemas morfodinâmicos e processos erosivos na distribuição das formas da paisagem. Os autores compartimentaram as superfícies em Chapadas Elevadas, Rebordos, Escarpas, Planícies, Planos Intermediários e Planaltos (Figura 2.6).

Compartimentação Geomorfológica do DF

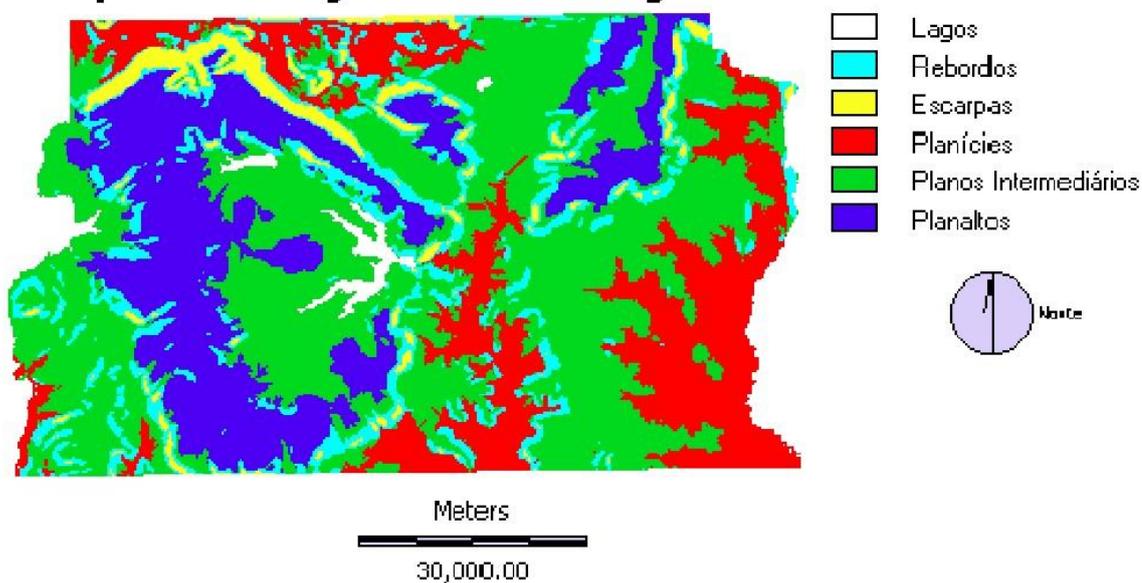


Figura 2. 6. Compartimentação Geomorfológica do DF Martins e Baptista (1998).
Adaptado de Martins e Baptista (1998).

2.2.5. Solos das regiões de estudo

Os solos do DF representam os solos da região do Cerrado Brasileiro (Cline e Buol, 1973). O levantamento e mapeamento desta área foi realizado pelo Serviço Nacional de Levantamento de Solos da Embrapa Solos (Embrapa, 1978), na escala 1:100.000, e, ainda, é considerada a melhor fonte de informações sobre os solos encontrados no DF. A microbacia estudada

apresenta as seguintes ordens de solos, segundo Martins (2000) e Embrapa (1978) (Figura 2. 7.): Latossolos, Cambissolos, Plintossolos, Gleissolos, Argissolos e Neossolos, sendo as duas primeiras as de maior expressão.

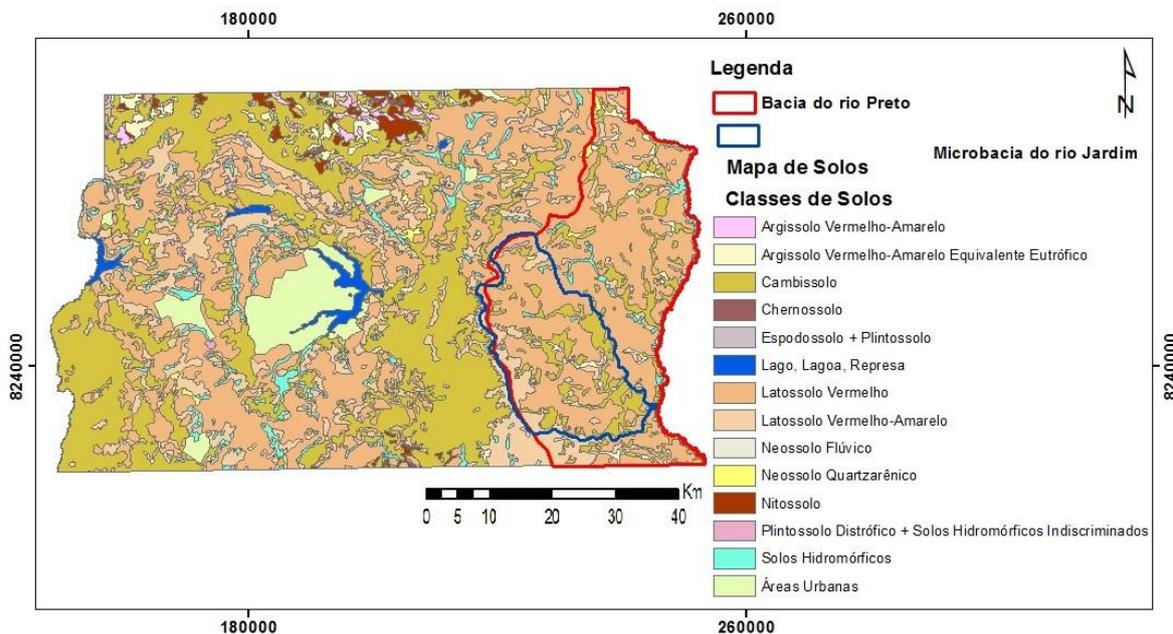


Figura 2. 7. Mapa pedológico do Distrito Federal (Embrapa, 1978).

Os Latossolos representam aproximadamente 65 % da área total desta microbacia e estão associados, geralmente, às áreas de relevo plano ou suave ondulado (declividades inferiores a 8 %) com espessura quase sempre maior que 2,5 m e de baixa fertilidade natural (SEMARH, 2012). Além disso, apresentam elevada tolerância e resistência à erosão (SEMARH, 2012). Por outro lado, em virtude da topografia favorável ou da ausência de impedimentos físicos e hídricos para a agricultura (pedregosidade, deficiência de oxigênio e outros) são os solos mais intensamente utilizados para atividades agrícolas. Usualmente, possuem alta permeabilidade de água, podendo ser fortemente drenados (SEMARH, 2012). São solos ácidos, distróficos e álicos de muito baixa à média capacidade de troca catiônica (Embrapa, 1978). Na região da bacia do rio Preto, têm-se como principais representantes desta ordem: os Latossolos

Vermelhos (LV), os quais apresentam coloração avermelhada e teores de argila variando entre 67 % e 75 %, posicionados nos topos das chapadas; e os Latossolos Vermelhos-Amarelos (LVA), de matiz mais amarelada e teores de argila variando entre 38 % e 71 %, localizados nos rebordos das chapadas e nos divisores de água (SEMARH, 2012).

Outra classe de solo observada, são os Cambissolos, que são pouco desenvolvidos, com espessura quase sempre menor que 0,70 m e caracterizados, por apresentarem horizonte B incipiente, onde alguns minerais primários facilmente intemperizáveis podem estar presentes (Embrapa, 1978). São solos rasos que apresentam cascalhos, concreções e fragmentos de rochas ao longo dos perfis. Ocupam, na paisagem, o relevo forte ondulado (20 a 45 % de declive) e exibem coloração avermelhada ou amarelada, com estruturas e texturas variadas, proporcionando drenagem moderada. Em geral, estes solos possuem reduzida fertilidade, o que ocorre devido à baixa saturação por bases (distróficos), ou pela elevada saturação por alumínio (álícos) (Embrapa, 1978). Apresentam elevada suscetibilidade à erosão, pois a baixa permeabilidade associada à ocorrência de chuvas torrenciais produz as enxurradas que favorecem a formação de sulcos erosivos. Devido a esse processo, sugere-se que as áreas com desenvolvimento de Cambissolos sejam destinadas, prioritariamente, à preservação natural (SEMARH, 2012).

Quanto aos Plintossolos, esses possuem textura que variam de muito argilosa a arenosa. São distróficos, pouco profundos, moderadamente ácidos, mal drenados (quando hidromórficos), com séria restrição à percolação de água, apresentando alagamento temporário e escoamento lento. Ocorrem em relevo plano e suave-ondulado (0 a 8 % de declive), como em áreas deprimidas e terços

inferiores das encostas, onde há importante movimentação lateral de água. As plintitas, quando endurecidas de maneira irreversível, transformam-se gradualmente em petroplintitas (Martins, 2000).

Os solos hidromórficos, como os Gleissolos, geralmente ocupam as depressões da paisagem sujeitas a inundações, cabeceiras de rios ou córregos, assim como, também, ao longo deles, sendo imperfeitamente drenados ou muito mal drenados. Apresentam textura variável, sendo solos fracamente estruturados, podendo ser ricos ou pobres em bases, ou com teores de alumínio elevados (alumínicos) (Embrapa, 1978).

Os Argissolos correspondem a solos bastante heterogêneos, aumentando substancialmente o teor de argila com o aumento da profundidade, apresentando, portanto, permeabilidade diferenciada e susceptibilidade à erosão em sulcos. Na paisagem, ocupam a porção inferior das encostas, onde o relevo é ondulado (8 a 20 % de declive) ou forte-ondulado (20 a 45 % de declive) (Embrapa, 1978).

Os Neossolos Flúvicos são solos pouco evoluídos, não hidromórficos. Apresentam horizonte A assentado diretamente sobre o horizonte C, composto de uma sucessão de camadas estratificadas sem relação pedogenética entre si. Na paisagem, estes solos ocorrem em relevo plano e são associados à vegetação de Mata de Galeria, exibindo níveis variáveis de coloração, teor de argila, saturação por alumínio e saturação por bases (Martins, 1998).

Os Neossolos Quartzarênicos são solos mais profundos, de coloração cinza-claro e apresentam textura arenosa ou franco-arenosa. Basicamente, estão constituídos por quartzo, com valores máximos de 15 % de argila e sequência de horizontes do tipo A-C, ocorrendo em relevo plano ou suave-

ondulado (0 a 8 % de declividade). Apresentam baixa disponibilidade de nutrientes para as plantas, sendo, geralmente álicos e distróficos (Embrapa, 1978).

2.3 REFERENCIAL BIBLIOGRÁFICO

CAMPOS, J.E.G. Hidrogeologia do Distrito Federal: Bases para a gestão dos recursos hídricos subterrâneos. **Revista Brasileira de Geociências**, 34:41-48, 2004.

CARNEIRO, P. J. R.; MALDANER, V. I.; ALVES, P. F.; QUEIRÓS, I. A. de; MAURIZ, T. V.; PACHECO, R. J. Evolução do uso da água na bacia do rio Preto no Distrito Federal. In: **Espaço & Geografia**, vol. 10, nº 2. p. 47-76, 2007.

CARNEIRO, F. F.; HOEFEL, M. G.; SILVA, M. A. M.; NEPOMUCENO, A. R.; VILELA, C.; AMARAL, F. R.; CARVALHO, G. P. M.; BATISTA, J. L.; LOPES, P. A. "Mapeamento de vulnerabilidades socioambientais e de contextos de promoção da saúde ambiental na comunidade rural do Lamarão, Distrito Federal, 2011." **Revista Brasileira de Saúde Ocupacional**. V. 37, n.125, p. 143-148, (2012.): 143-148.

COSTA, H. C.; MARCUZZO, F.; FERREIRA, O. M.; ANDRADE, L. R. Espacialização e Sazonalidade da Precipitação Pluviométrica do Estado de Goiás e Distrito Federal. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 5, n. 1, p. 87–100, 2012.

CLINE, M. G.; BUOL, S. W. Soils of the central plateau of Brazil and extension of results of field research conducted near Planaltina, Federal District, to them. **Ithaca**: Cornell University, 43 p. 1973.

EMATER-DF – Empresa de Assistência Técnica e Extensão Rural do Distrito Federal. **Conjuntura Socioeconômica Rural – RA VI Planaltina: Unidades Locais: Rio Preto taquara, Tabatinga Planaltina e Pípiripau**. Secretaria de Estado de Agricultura, Pecuária e Abastecimento/ SEAPA-DF, Emater-DF, 2008.

EMATER-DF/; SEAGRI-DF. **Conjuntura Socioeconômica Rural do Distrito Federal em Números: 2009a.**

EMATER-DF – Empresa de Assistência Técnica e Extensão Rural do Distrito Federal. **Conjuntura Socioeconômica Rural – RA VII Paranoá: Unidades Locais: Jardim, PAD-DF e Paranoá.** Secretaria de Estado de Agricultura, Pecuária e Abastecimento/ SEAPA-DF, Emater- DF, 2009b.

EMBRAPA – EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – SERVIÇO NACIONAL DE LEVANTAMENTO E CONSERVAÇÃO DE SOLOS. **Levantamento de reconhecimento dos solos do Distrito Federal.** Rio de Janeiro, RJ: Embrapa-SNLCS, 1978.

FARIA, A. 1995. **Estratigrafia e sistemas deposicionais do Grupo Paranoá nas áreas de Cristalina, Distrito Federal e São João D’Aliança-Alto Paraíso de Goiás.** Brasília. Universidade de Brasília/Instituto de Geociências. 199p. (Tese de Doutorado, inédita).

FREITAS-SILVA, F. H.; CAMPOS, J. E. G. Geologia do Distrito Federal. In: CAMPOS, J. E. G.; FREITAS-SILVA, F. H., coords. **Inventário hidrogeológico e dos recursos hídricos superficiais do Distrito Federal.** Brasília, SEMATECIEMA-MMA-SRH, 1998.CD-ROM.

FREITAS-SILVA, F. H.; DARDENNE, M. A. Proposta de subdivisão estratigráfica formal para o grupo Canastra no oeste de Minas Gerais e leste de Goiás. In: **SIMPÓSIO DE GEOLOGIA DO CENTRO-OESTE**, 4., 1994. Brasília. Atas... Brasília: SBG, 1994. p. 164-165.

KÖPPEN, W. Klassifikation der Klimate nach Temperatur, Niederschlag und Jahresablauf (Classification of climates according to temperature, precipitation

and seasonal cycle). 153 **Petermanns geographische Mitteilungen**, v. 64, p. 193–203, 1918.

LEINZ, V.; LEONARDOS, O. H. **Glossário geológico**: com a correspondência terminológica em inglês, alemão e francês. 2ª ed. São Paulo, Editora Nacional, 1977.

MARTINS, E.S.; BAPTISTA, G.M.M. Compartimentação geomorfológica e sistemas morfodinâmicos do Distrito Federal. In: CAMPOS, J.E.G. & FREITAS-SILVA, F.H., coords. **Inventário hidrogeológico e dos recursos hídricos superficiais do Distrito Federal**. Brasília, /SEMATEC: IEMA: MMA-SRH, 1998. CD ROM.

MARTINS, E.S. **Petrografia, mineralogia e geomorfologia de regolitos lateríticos no Distrito Federal**. Brasília, Universidade de Brasília, 2000. 196p. (Tese de Doutorado)

NOVAES PINTO M. Superfícies de aplainamento do Distrito Federal. **Revista Brasileira de Geografia**, v. 49, p. 09-27, 1987.

NOVAES PINTO M. Caracterização geomorfológica do Distrito Federal. In: M. Novaes Pinto (org.) **Cerrado: caracterização, ocupação e perspectivas**. Brasília. Editora UnB. 2a ed. p. 285-320. 1994.

PENTEADO, M.M. Tipos de concreções ferruginosas nos compartimentos geomorfológicos do Planalto de Brasília. **Notícias Geomorfologia**.,16:39-53, 1976.

REATTO, A.; CORREIA J. R.; SPERA, S. T.; CHAGAS, C. DA S.; MARTINS, É. DE S.; ANDAHUR, J. P.; GODOY M. J. S.; ASSAD, M. L. C. L. Levantamento

Semidetalhado dos Solos da bacia do Rio Jardim-Df, escala 1:50.000. **Boletim de pesquisa** - Embrapa Cerrados Planaltina n. 18 p.1-63 setembro 2000.

SEMARH. SECRETARIA DE ESTADO DE MEIO AMBIENTE E RECURSOS HIDRICOS. Zoneamento Ecológico-Econômico do Distrito Federal (ZEE-DF) - Subproduto 3.1. **Brasília, DF: SEMARH, 2012. 172 p.**

CAPÍTULO 3 - CARACTERIZAÇÃO DOS SOLOS DA ÁREA DE ESTUDO E SUA DISTRIBUIÇÃO PEDOGEOMORFOLÓGICA NA PAISAGEM.

3.1 INTRODUÇÃO

O crescimento populacional do Distrito Federal e conseqüentemente mundial, vêm ocasionando uma demanda crescente por alimentos e fontes energéticas renováveis, provocando o uso cada vez mais intensivo dos solos, promovendo uma ocupação desordenada. Essa ocupação muitas vezes é impulsionada por fatores econômicos, podendo causar impactos nos solos, principalmente pela utilização além de seu potencial agrícola, aliado à utilização de técnicas de manejo inadequadas (Arruda et al., 2013).

Para a sustentabilidade do meio ambiente e eficiência na produção de alimentos, são fundamentais o conhecimento sobre as propriedades e os atributos dos solos, possibilitando a adoção de práticas adequadas de manejo. Diversos problemas ambientais ou de produção, relacionados aos solos, como erosão, contaminação do lençol freático e produtividades abaixo do potencial da área, podem ser evitados ou reduzidos com o uso de informações detalhadas obtidas nos mapas de solos (Larach et al., 1981).

Dessa forma, o conhecimento detalhado dos domínios pedológicos de uma determinada região fornece parâmetros importantes para o correto planejamento do uso e conservação de recursos naturais (Resende et al., 2007).

Porém, a maioria dos estados brasileiros possui mapas de levantamento pedológico de pequena escala (exploratório e/ou reconhecimento), sendo que o mapeamento pedológico que abrange todo o território brasileiro foi gerado na década de 70, pelo projeto RADAM-BRASIL (Larach et al., 1981).

Segundo Lacerda e Barbosa (2012), entre vários outros, avaliações das relações entre geomorfologia, geologia e classes de solos podem permitir a elaboração de modelos preditivos da distribuição dos solos mediante estabelecimento de relações pedomorfogeológicas em uma dada paisagem, auxiliando, por sua vez, os trabalhos convencionais de levantamento, mapeamento e classificação de solos.

A compreensão da relação existente entre classes de solos com o relevo e o substrato geológico é fundamental para o entendimento da evolução da paisagem. Entender tais relações, constitui, portanto, um princípio básico para compreender a distribuição espacial dos sistemas pedológicos nas unidades de paisagem, desde os estudos de gênese, evolução vertical e espacial, levantamento e classificação dos solos até aqueles sobre estimativas de erosão, todos com a finalidade de auxiliar os projetos de manejo e de planejamento de uso do solo (Campos, 2012).

Baseando-se no disposto acima, o presente trabalho teve como objetivo caracterizar e classificar as classes solos da microbacia do Rio Jardim, Distrito Federal (DF), considerada representativa da distribuição dos solos da bacia do Rio Preto, DF, assim como estabelecer as suas relações pedomorfogeológicas, a fim de gerar dados para a elaboração do Mapa Digital de Solos (MDS) desta bacia.

3.2 MATERIAL E MÉTODOS

A área selecionada para o estudo foi a microbacia do Rio Jardim, DF, considerada representativa da distribuição dos solos da bacia hidrográfica do Rio Preto, DF, situada na porção leste do DF (Figura 3.1), que por sua vez está contida na Região Hidrográfica do São Francisco. A representatividade desta microbacia deve-se a maior ocorrência das mesmas classes de solos com textura média, arenosa,

até desenvolvimentos pontuais de Neossolos Quartzarênicos na porção nordeste da bacia do rio Preto, DF. A ocorrência destas classes de solo está relacionada a proximidade com a Superfície Geomorfológica mais antiga do DF – Sub-unidade de Chapada do Pípiripau (Novaes Pinto, 1986; 1994), em função da maior ocorrência de quartzitos da unidade MNPq3 do Grupo Paranoá.

Esta microbacia representa uma área agrícola responsável pela grande produção agropecuária do DF, constituindo a principal área cultivada por grãos (milho, soja, trigo e feijão), parte das hortaliças e das frutas, grande quantidade de carne bovina e de frango, bem como um volume bastante significativo de leite (Dolabella, 1996, Emater, 2009).

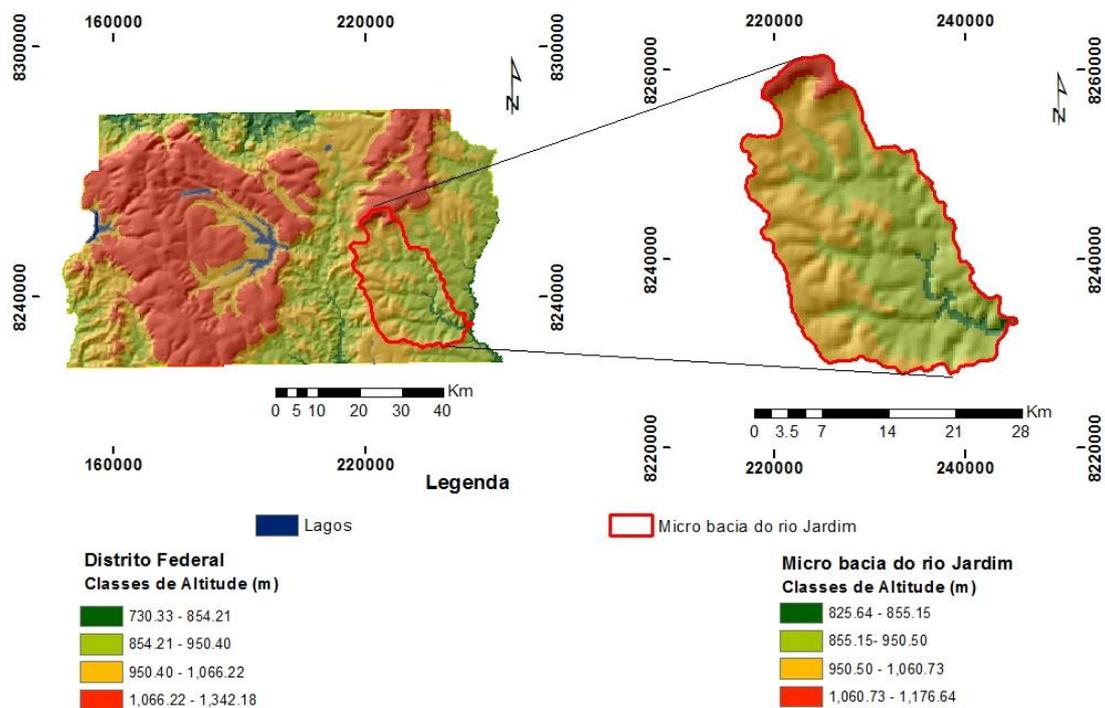


Figura 3. 1. Mapa de localização e das classes de altitude da área de estudo da microbacia do rio Jardim, representativa da bacia hidrográfica do Rio Preto no Distrito Federal

A classificação climática de acordo com Köppen (1918), enquadram-se na classificação climática Aw. De acordo com Reatto et al. (2000), a bacia se enquadra na classificação acima, com os dados pluviométricos da área, de novembro a março, variando entre 150 a 300 mm/mês, e temperaturas máximas de 30°C e mínimas de 18°C, também dentro desses meses. A média anual das precipitações oscila entre 1.200 a 1.800 milímetros (Costa et al., 2012). A estação seca é bastante rigorosa e estende-se, aproximadamente, de maio a setembro, chegando a ocorrer ausência de chuvas nesses meses, em alguns anos extremamente secos.

3.2.1 Base de dados

Inicialmente, foram obtidos os mapas temáticos disponíveis, como o mapa de solos (Embrapa, 1978), mapas geológicos (Freitas-Silva e Campos, 1998), mapas geomorfológicos (Novaes Pinto, 1986), mapas de estradas e rodovias do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), todos em escala 1:100.000. Além disso, foram adquiridas cartas planialtimétricas em escala 1:10.000 elaborados pela CODEPLAN (CODEPLAN/SICAD, 1991), ortofotos em escala 1:5000 (TERRACAP, 2013). Estes dados foram implementados no programa ArcGIS, gerando a base de dados digitais do trabalho.

Posteriormente, utilizando o programa ArcGIS, por meio dos mapas de pontos cotados, curvas de nível e hidrografia, em escala 1:10000 e mapa de delimitação do DF (CODEPLAN/SICAD, 1991) extraídos das cartas planialtimétricas, foi gerado o Modelo Numérico de Terreno (MNT) da bacia de estudo, por meio das ferramentas *Arc Tool Box*, *Spatial Analyst Tools*, *Interpolation*, *Topo to Raster*. O MNT foi reclassificado de acordo com a distribuição de altitudes na área, sendo obtido o mapa de classes de hipsometria. Já com as ferramentas *Spatial Analyst Tools*, *Surface*,

Slope, gerou-se o mapa de classes de declividade, o qual foi reclassificado de acordo com a Embrapa (2014).

3.2.2 Topossequências representativas da distribuição dos solos na microbacia

Com os dados obtidos e avaliados no programa ArcGIS, foram realizadas as atividades exploratórias preliminares de campo na área de estudo, com o objetivo de observar das feições de relevo e geologia, bem como as suas correlações com a paisagem e a distribuição das classes de solo. Nesta etapa foram estabelecidas as relações pedomorfogeológicas prévias.

Na distribuição dos solos na microbacia do rio Jardim, as litologias dos Grupos Paranoá, Canastra e Bambuí, são todas constituídas por unidades pelíticas, com pequenas variações, gerando classes de solos argilosos, com exceção da porção a montante da bacia, onde ocorrem pequenas áreas de quartzitos do Grupo Paranoá. Nesta porção da microbacia encontram-se discretas manchas de solos com textura média e arenosa, consideradas como não representativas para a distribuição de solos da microbacia do rio Jardim. Assim, a distribuição dos solos nessa microbacia encontra-se fortemente influenciada pelas feições morfométricas do terreno.

Por meio do mapa de classes de declividade, mapa geológico (CODEPLAN/SICAD, 1991) e mosaico de ortofotos (TERRACAP, 2013), com base nas relações pedomorfogeológicas previamente estabelecidas, foram selecionadas quatro topossequências significativas (Figura 3.2), relacionadas às variações do relevo, geologia e distribuição das classes de solo na microbacia do rio Jardim, DF. Apesar das variações de escala dos mapas utilizados, o mapa geológico foi atualizado no campo em escala compatível aos demais.

A topossequência 1 está localizada na microbacia do córrego Estanislau, DF (Figura 3.2), com nove perfis de solos. Essa topossequência inicia-se em relevo plano que varia de suave ondulado a ondulado (Figura 3.3). A geologia está inserida no grupo Canastra (MNPccf), e após o córrego Estanislau passa a ser constituída por litologias do Grupo Bambuí.

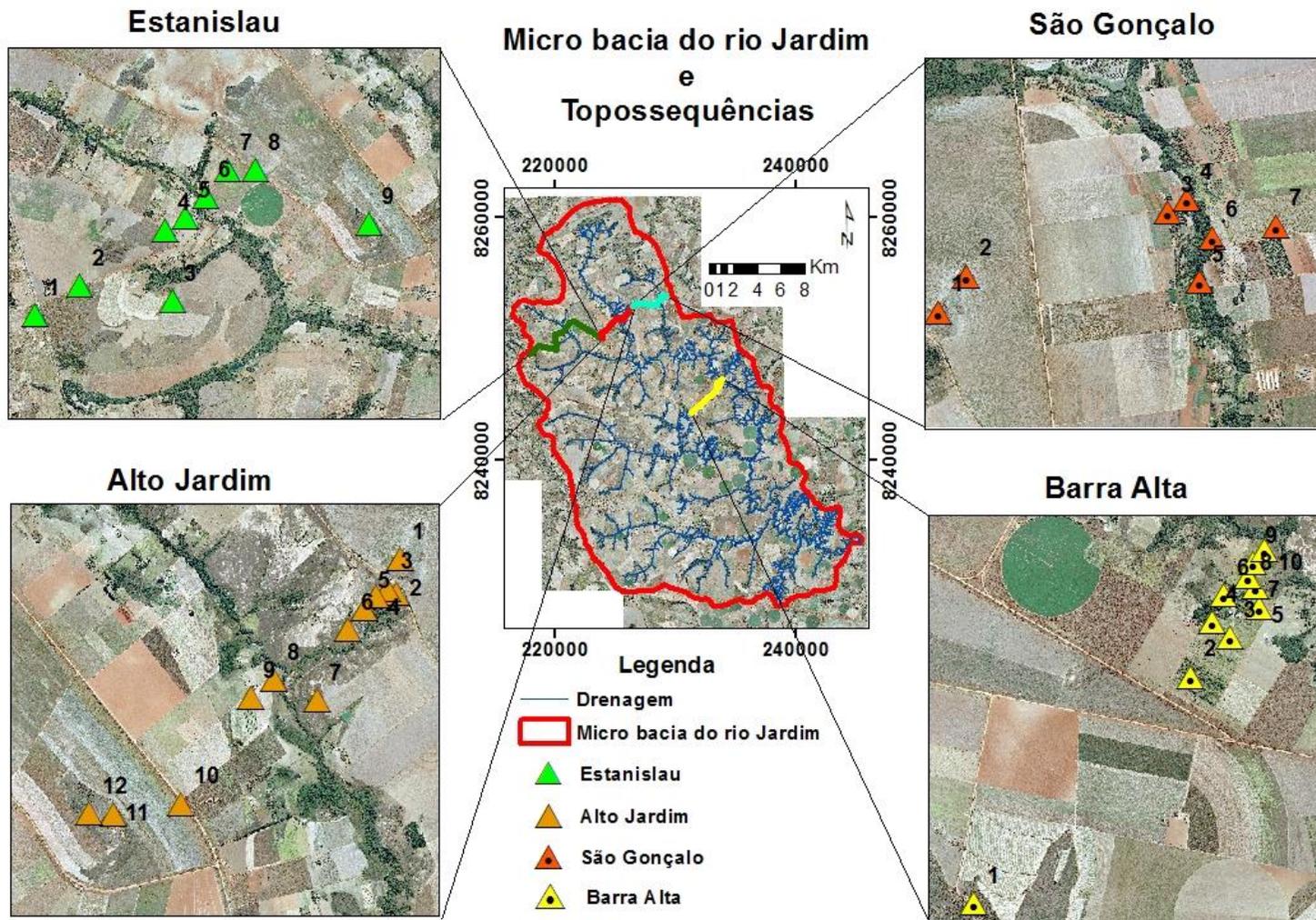


Figura 3. 2. Localização das topossequências e perfis de solos caracterizados na microbacia do rio Jardim, DF

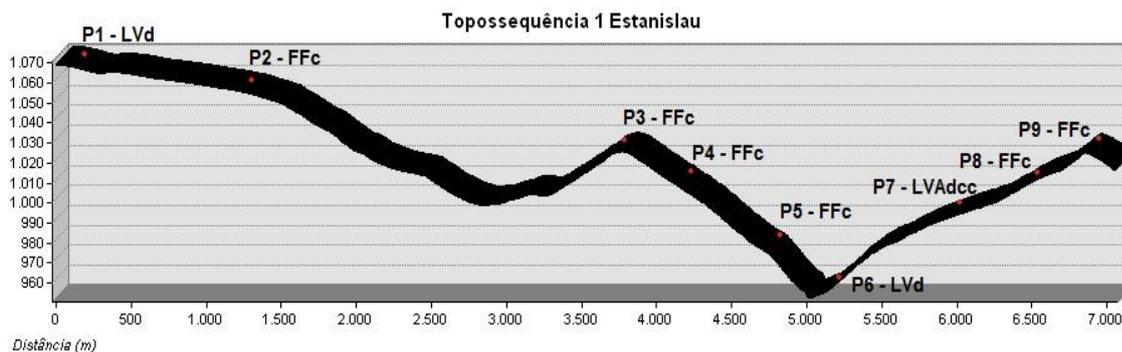


Figura 3. 3. Perfil topográfico da topossequência 1 e disposição dos perfis no terreno.

A topossequência 2 foi realizada na microbacia do ribeirão Alto Jardim, com 12 perfis de solos (Figura 3.2). Inicia-se no topo de divisor da microbacia e se estende a outro divisor, com relevo variando de ondulado a suave ondulado (Figura 3.4). As áreas mais elevadas estão inseridas no grupo Paranoá, nas unidades MNPpr3, MNPpr4 e MNPpq3, o restante da área está geologicamente sobre litologias do grupo Bambuí.

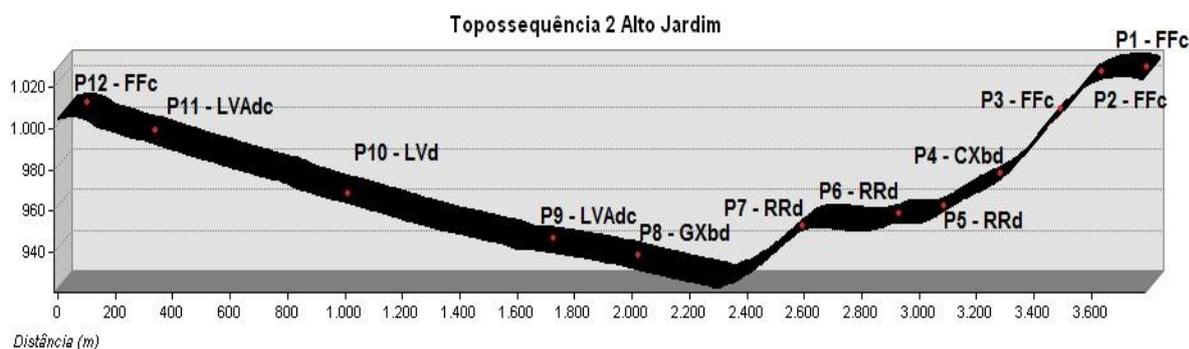


Figura 3. 4. Perfil topográfico da topossequência 2 ribeirão Alto Jardim e disposição dos perfis no terreno.

Na topossequência 3, denominada de topossequência córrego São Gonçalo, foram caracterizados sete perfis de solos (Figura 3.2). Inicia-se em topo de morro relictual, coincidindo com perfil 1 da topossequência. Alto rio Jardim, em relevo ondulado que evolui para suave ondulado (Figura 3.5). Toda área apresenta-se geologicamente no grupo Bambuí.

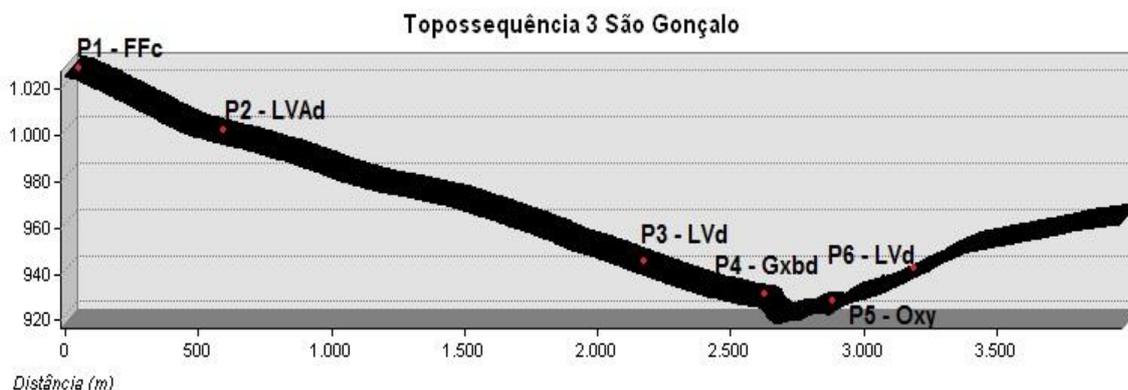


Figura 3. 5. Perfil topográfico da toposequência 3 córrego São Gonçalo e disposição dos perfis no terreno.

Na toposequência 4, denominada de Barra Alta, foram caracterizados oito perfis de solos (Figura 3.2). Inicia-se em topo de morro relictual, no divisor da microbacia, em relevo ondulado que evolui para suave ondulado (Figura 3.6). Toda área está inserida no grupo Bambuí.

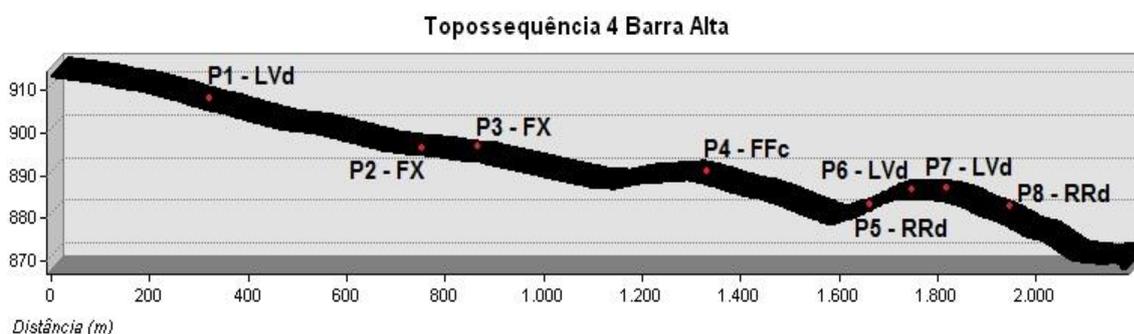


Figura 3. 6. Perfil topográfico da toposequência 4 Barra Alta e disposição dos perfis no terreno.

Todos os perfis foram caracterizados por meio de descrição morfológica completa, com coleta de amostras dos horizontes diagnósticos de acordo com Santos et al. (2013). As amostras de solo coletadas dos horizontes A e B ou C diagnósticos da microbacia do rio Jardim (BRJ) foram submetidas ao processo de secagem ao ar por um período de aproximadamente 72 horas, destorroadas e peneiradas para a

obtenção da fração menor que 2 mm, considerada a fração terra fina seca ao ar (TFSA). Em seguida, foram submetidas às análises físicas e químicas, segundo a metodologia da Embrapa (1997), para caracterização e classificação do segundo ao quarto nível categórico (subgrupos) do SiBCS (Embrapa, 2014).

Dessa forma, foram analisados os atributos de natureza física para todas as amostras com a análise da composição granulométrica (método do densímetro); e química para os solos da BRJ: complexo sortivo: cálcio, magnésio (método do complexometria com EDTA), potássio, sódio (método do Fotometria de chama); soma de bases – SB (cálcio, magnésio, potássio, sódio); capacidade de troca de cátions: hidrogênio, alumínio, CTC a pH 7,0 ($CTC = SB + [H^+ + Al^{3+}]$); alumínio trocável (Al^{3+}); saturação por bases ($V\% = [SB/CTC] * 1000$); saturação por Alumínio $m\% = Al^{3+}/[Al^{3+} + SB] * 1000$); saturação por sódio; carbono orgânico – CO (método do oxidação via úmida com dicromato de potássio) e fósforo assimilável (Mehlich) de acordo com Embrapa (1997).

3.2.3 Relações pedomorfogeológicas da Microbacia do Rio Jardim (MRJ)

As atividades de campo mostraram que as variações das feições morfométricas são as variáveis mais importantes na compreensão das relações pedomorfogeológicas da MRJ. Essas variações morfométricas, constatadas em campo, não foram observadas nos mapas de classes de declividade e classes hipsométricas gerados no presente trabalho. Esse resultado é decorrente do fato do MNT gerado por meio curvas de nível com equidistância de 5 m não possibilitar a representação das variações observadas em campo em pequenas dimensões do terreno.

Essa situação foi observada durante o processamento dos dados no programa ArcGIS para a geração dos mapas secundários, onde algumas feições morfométricas do terreno não condiziam com a realidade constatada em campo. Como exemplo, pode-se citar as classes de declividade, onde foi observado em campo classes de declividades de cerca de 90%, sendo que o mapa gerado apresentou o máximo de 27%.

Para solucionar o problema foram testados tamanhos de células menores na geração do MNT, pois as dimensões dos pixels que o algoritmo do programa processa em modo padrão são de 142 metros. Como nestas dimensões muitas informações do terreno não são diferenciadas, foi gerado um novo MNT com pixels de 10 metros para ter a representação correta das classes de declividade.

Desta forma, partir do MNT com dimensões de pixels de 142 e 10 m foram elaborados novos mapas de feições morfométricas do terreno, importantes para o entendimento da relação pedomorfogeológica e distribuição dos solos na região. Os MNTs foram exportados para o *software System for Automated Geoscientific Analyses Geographic Information System (SAGA GIS)*, por ser considerado mais eficiente na geração de atributos do terreno. Por meio do módulo *Terrain Analysis, Compound Analysis, Basic, Terrain Analysis* foram elaborados os mapas morfométrico de *Cross-Section Curvature* (Curvatura Seccional Cruzada), *Longitudinal Curvature* (Curvatura Longitudinal), *Topograph Wetness Index* (Índice Topográfico de Umidade); *Wetness Index* (Índice de Umidade); e mediante módulo *Terrain Analysis, Terrain Analysis, Morfometric, Morfometric Features* (Feições morfométricas), *LS factor* (fator comprimento de rampa) e *Texture*, (Textura). Em seguida os mapas foram convertidos

em formato ASCII para exportação para o programa ArcGIS e convertidos no formato *raster*, utilizando a ferramenta *ArcToolbox - Conversion Tools- ASCII to Raster*.

3.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

As descrições morfológicas e a caracterização física e química das classes de solos dos perfis das toposequências do córrego Estanislau, ribeirão Alto rio Jardim, córrego São Gonçalo e Barra Alta, consideradas representativas da distribuição pedomorfogeológica da microbacia do Rio Jardim (MRJ) estão resumidas nas tabelas 3.1, 3.2, 3.3 e 3.4, respectivamente. Nota-se a pouca variação entre o atributo textura entre as classes de solos, confirmando a relação textural das classes de solos com os seus materiais de origem, uma vez que foram originados a partir de rochas metassedimentares, predominantemente pelíticas, já pré-intemperizadas na sua gênese sedimentar dos Grupos Bambuí, Canastra e Paranoá (Freitas-Silva e Campos, 1998). Na estreita faixa de ocorrência de quartzito médio da unidade MNPpq3 do Grupo Paranoá, segundo Freitas-Silva e Campos (1998), os solos de textura arenosa não foram representativos, ocorrendo em áreas não significativas para a caracterização da distribuição dos solos da MRJ.

Além da textura herdada das rochas de origem, ressalta-se a baixa fertilidade destes solos, todos distróficos, até mesmo os solos mais jovens, tais como os Cambissolos (CX), Neossolos Regolíticos (RR) e Solos Hidromórficos. Essa situação é decorrente do fato das rochas de origem se tratam de litologias já pré-intemperizadas (Lacerda e Barbosa, 2012).

A variação da cor nos Latossolos é proveniente da evolução destes solos, onde o Latossolo Vermelho Amarelo (LVA) foi sujeito a oscilações do lençol freático,

que proporcionou a estabilidade da goethita nos LVA em relação à hematita nos LV (Motta et al., 2002; Barbosa et al. 2009).

Já os Plintossolos Pétricos Concrecionários latossólicos (FFc) apresentaram textura muito argilosa a argilosa em sua fração TFSA, com colorações variando de vermelho (10R 5/8) no horizonte C a bruno (10YR 6/8) no horizonte A, com horizontes concrecionários de coloração variegada.

Não houve variação na textura argilosa entre os Neossolos Regolíticos (RR), que apresentam horizonte A com coloração variando de bruno avermelhado escuro (5YR 4/4) a amarelo-avermelhada (10YR 5/4), e o horizonte C apresentando uma coloração variando de vermelho escuro (10R 3/6) a amarelo-avermelhado (2,5YR 6/8). Estes solos evoluem a partir de rochas pelíticas argilosas do Grupo Bambuí, apresentando cores que tendem ao vermelho (Freitas-Silva e Campos, 1998), devido a teores elevados de Fe_2O_3 presentes nestas litologias. Os RR são formados quando a atuação dos processos pedogenéticos não é suficientemente capaz de promover transformações significativas no material de origem em decorrência do aumento da declividade ou impedimento por sobreposição de Plintossolos Pétricos (Santos et al., 2012).

Os Cambissolos (CX) apresentam ocorrência rara na MRJ, com textura argilosa semelhante aos RR. Pereira et al. (2010), que estudaram a gênese de CX desenvolvidos sobre rochas pelíticas do Grupo Bambuí em Minas Gerais, encontraram características semelhantes, com variações nos matizes entre 10YR e 7,5YR nos horizontes A e Bi, nesta ordem. De acordo com Freitas-Silva e Campos (1998), a cor avermelhada do horizonte C dos CX também é atribuída ao material de origem constituído por rochas pelíticas ricas em óxidos de ferro.

Os Plintossolos Háplicos (FX), os Gleissolos Háplicos (GX) e Organossolos Háplicos (OX) também apresentam textura argilosa em função da pequena área de influência da intemperização e sedimentação hidromórfica, abrangendo rochas pelíticas argilosas das litologias de ocorrência na MRJ (Freitas-Silva e Campos, 1998).

A relação silte/argila apresentou valores muito baixos a baixos para os Latossolos e Plintossolos (Tabelas 3.1, 3.2, 3.3 e 3.4) mostrando elevado grau de intemperização destes (Embrapa, 2014). Segundo Santos et al. (2005), valores inferiores a 0,6 nos solos de textura argilosa ou muito argilosa ou abaixo de 0,7 nos solos de textura média representam alto grau de intemperismo. Assim, é possível traçar um perfil de evolução dos solos, dos mais intemperizados, caracterizado pela menor relação silte/argila, para os solos mais jovens, com maior relação silte/argila. No que se refere aos Cambissolos, Neossolos Regolíticos e Gleissolos (GX), como era de se esperar, a relação silte/argila apresentou valores mais elevados, demonstrando menor grau de evolução desses solos. A relação silte/argila muito baixa dos Latossolos e Plintossolos é decorrente do grau elevado de intemperização destes solos associada ao material de origem, que são rochas meta-sedimentares pré-intemperizadas. Estes resultados coincidem com os encontrados por Barbosa et al. (2009), Pereira et al. (2010) e Rodolfo Junior et al. (2015) em solos desenvolvidos a partir de litologias pelíticas do Planalto Central Brasileiro.

Nas topossequências estudadas, as relações pedomorfogeológicas estabelecidas foram importantes para o entendimento e definição da distribuição das classes de solos presentes na MRJ. Foram caracterizadas as seguintes classes de solos, em ordem de maior área de ocorrência: 1 - em áreas aplainadas a suave onduladas ocorrem Latossolos Vermelhos Distróficos típicos (LVd); Latossolos

Vermelho-Amarelos Distróficos petroplínticos (LVAd) com inclusões de LVAd típicos; Plintossolos Pétricos Concrecionários latossolóticos e típicos, 2- em áreas de relevo semelhante à dos Latossolos, onde a evolução pedogenética foi maior. Já os Plintossolos Pétricos Distróficos típicos ocorrem preferencialmente em morrotes residuais à evolução pedogenética; 3 - nos locais onde a declividade se acentua, desenvolvem Neossolos Quartzarênicos Órticos típicos associados com Cambissolos Háplicos Tb distróficos típicos, estes últimos em menor proporção. 4 - Nas áreas de ocorrências de planícies de inundação ocorrem Plintossolos Háplicos (FX + Gleissolos Háplicos (GX) e Organossolos Háplicos (OX)

Importante ressaltar que nas Chapadas Elevadas (Novaes Pinto, 1986; 1994) as classes de solo encontradas seguem o padrão descrito por Motta et al. (2002) e Barbosa et al. (2009), com Latossolo Vermelho (LV) desenvolvendo nas posições de relevo plano como encontrado no perfil 1 da topossequência 1 (Topossequência do córrego Estanislau). Em direção às bordas das chapadas, com o aumento discreto da declividade, desenvolvem Latossolo Vermelho Amarelo (LVAd), geralmente petroplíntico, em função da variação do lençol freático no esculpimento evolutivo das Chapadas Elevadas. A área de estudo, que se localiza em uma Superfície Geomorfológica desenvolvida por este processo evolutivo, marcado por erosão diferencial e atuação pedogenética, os horizontes concrecionários de espessuras variáveis dos LVAd das Chapadas Elevadas, encontram-se, ainda preservados, originando os Plintossolos Pétricos concrecionários latossolóticos tal como verificado no perfil 2 desta topossequência. De fato, os Plintossolos Pétricos concrecionários, quando típicos, são extremamente endurecidos e ocorrem ao longo dos divisores das microbacias que constituem toda a bacia do rio Preto, além da MRJ, em morrotes

residuais que resistiram aos processos erosivos e pedogenéticos, apresentando, por vezes recobrimo rochas do substrato geológico, tanto de origem pelítica quanto de origem psamítica. Esses morrotes diminuem em direção ao vale do rio Preto, onde verifica-se uma discreta diminuição da altitude desta Superfície Geomorfológica, mostrando processo ativos de evolução desta Superfície, que foi denominada, neste trabalho, de Superfície Geomorfológica da Bacia do rio Preto no DF.

Tabela 3. 1. – Características morfológicas, físicas e químicas dos perfis da Topossequência 1 – Estanislau

Descrição Morfológica										Análises Físicas			Quím.			
Am. ⁽¹⁾	Horiz. ⁽²⁾	Prof. ⁽³⁾ (cm)	Cor úmida ⁽⁴⁾ (Munsell)	T ⁽⁵⁾	Estrutura ⁽⁶⁾	Consistência ⁽⁷⁾				Granulometria (g Kg ⁻¹)			Silt/Arg Text	V %		
						S	U	M	P ⁽⁸⁾	Argila	Silte	Areia			B/A	
Perfil 1 - LATOSSOLO VERMELHO Distrófico típico – LVd																
E-01	A	0-15	2,5YR 4/4	m. a.	for. mto. p. gru.	m.	mfr.	lpl.	lpg.	792	87	120	0,99	M.A.	13	
	AB	15-25	2,5YR 4/6	m. a.	for. mto. p. gran	m.	mfr.	pl.	pg.							
	BA	25-40	2,5YR 5/6	m. a.	for. mto. p. gran	m.	mfr.	pl.	pg.							
	Bw	40+	2,5YR 5/8	m. a.	for. mto. p. gran	m.	mfr.	pl.	pg.	785	107	108		0,14	M.A.	17
Perfil 2 - PLINTOSSOLO PÉTRICO Concrecionário latossólico- FFc																
E-02	Au	0 – 25	10 YR 5/4	a	for. mto. p. gran	s.	mfr.	lpl.	lpg.	590	167	241	0,71	A.	80	
	A	25 – 41	10 YR 5/4	a	for. mto. p. gran	m.	mfr.	pl.	pg.							
	AB	41 – 55	10 YR 6/8	a	for. mto. p. gran	m.	mfr.	pl.	pg.							
	B	55 – 70	10 YR 7/8	a	for. mto. p. gran	m.	mfr.	pl.	pg.	420	343	236		0,81		51
	F	70 +	2,5YR5/8var.2,5YR 6/8 a		for. mto. p. gran	m	mfr.	pl.	pg.							
Perfil 3 - PLINTOSSOLO PÉTRICO Concrecionário típico- FFc																
E-03	Ac	0-20	7,5YR 4/4 var. 5/8	2,5YR m. a.	for. mto. p. gru.	m.	mfr.	pl.	pg.	605	130	265	1,11	M.A.	17	
	AFc	20-35	7,5YR 5/4 var. 5/8	2,5YR m. a.	for. mto. p. gran.	m.	mfr.	pl.	lpg.							
	FAc	35-50	7,5YR 7/8 var. 5/8	2,5YR m. a.	for. mto. p. gran	m.	mfr.	pl.	lpg.							
	Fc	50+	5YR 6/8 var. 5/8	2,5YR m. a.	for. mto. p. gran.	m.	mfr.	pl.	lpg.	675	65	260		0,10	M.A.	16
Perfil 4- PLINTOSSOLO PÉTRICO Concrecionário típico- FFc																
E-04	Ac	0-20	10YR 3/6 var. 5/6	10YR m. a.	for. mto. p. gru.	m.	mfr.	pl.	pg.	607	213	180	0,97	M.A.	16	
	F	20-60	10YR 6/8	a.	for. mto. p. gran.	m.	mfr.	pl.	pg.							
	C	60+	10R 5/8 var. 7/4	2,5Y a.	fr. mto. p. ang.	d.	fm.	pl.	pg.	587	246	167		0,42	A.	17
Perfil 5 - PLINTOSSOLO PÉTRICO Concrecionário latossólico- FFc																
E-05	A	0 - 15	10 YR 4/6	m. a.	for. mto. p. gru.	m.	mfr.	pl.	pg.	651	150	198	1.1	M.A.	18	
	AB	15 -25	10 YR 6/8	m. a.	for. mto. p. gran.	m.	mfr.	pl.	pg.							
	Bw	25 – 50	10 YR 7/8	m. a.	for. mto. p. gran	m.	mfr.	pl.	pg.	748	107	144		0,14		14
	F	50 +	2,5YR4/8var.2,5YR 6/8 a			m.	mfr.	pl.	pg.							
Perfil 6 - LATOSSOLO VERMELHO Distrófico típico - LVd																
E-06	A	0-20	10R 4/3	m. a.	for. mto. p. gru.	m.	fr.	pl.	pg.	755	74	171	1,02	M.A.	14	
	AB	20-30	10R 4/6	m. a.	for. mto. p. gran.	m.	fr.	pl.	pg.							
	BA	30-51	10R 4/4	m. a.	for. mto. p. gran.	m.	fr.	pl.	pg.							
	Bw	51+	10R 5/8	m. a.	for. mto. p. gran.	m.	mfr.	pl.	pg.	773	91	136		0,12	M.A.	13

Cont.Tabela 3. 1.

Perfil 7- LATOSSOLO VERMELHO-AMARELO Distrófico petroplíntico – LVAdcc

E-07	A	0-15	10YR 3/4	m. a. for. mto. p. gran. m.	fr.	pl.	lpg.	692	133	175	1,05	M.A.	19
	AB	15-25	10YR 4/6	m. a. for. mto. p. gran. m.	fr.	pl.	lpg.						
	BA	25-35	10YR 5/6	m. a. for. mto. p. gran. m.	fr.	pl.	lpg.						
	Bw	35-70	10YR 6/6	m. a. for. mto. p. gran. m.	mfr.	pl.	lpg.	725	90	185	0,12	M.A.	19
	Bc	70+	10R 5/8	m. a. for. mto. p. gran. m.	fr.	pl.	lpg.						

Perfil 8 - PLINTOSSOLO PÉTRICO Concrecionário típico- FFc

E-08	Ac	0-25	7,5YR 4/6	m. a. for. mto. p. gru. m.	fr.	pl.	pg.	623	89	289	1,13	M.A.	16
	AF1	25-75	7,5YR 5/8	m. a. for. mto. p. gran. m.	fr.	pl.	pg.	702	89	209		M.A.	26
	F2	75-175	10 R 5/8	m. a. for. mto. p. gran. m.	fr.	pl.	pg.				0,13		
	C	175+	10R 6/8 var. 7,5YR 7/4 a.	for. mto. p. gran. m.	fr.	pl.	pg.						

Perfil 9 - PLINTOSSOLO PÉTRICO Concrecionário típico- FFc

	Ac	0 - 12	10 YR 4/6	a. for. mto. p. gran. m.	mfr.	pl.	pg.	635	107	258	1,01	M.A.	16
	F	12 - 40	10 YR 5/4	ma. for. mto. p. gran. m.	mfr.	pl.	pg.	643	148	209	0,23		21
	FC	40 +	10YR 6/6 var. 10 R 3/6 ma.	for. mto. p. gran. m.	mfr.	pl.	pg.						

análises morfológicas, físicas e químicas foram realizadas na TFSA. ⁽¹⁾ amostras de solo, ⁽²⁾Horizonte, ⁽³⁾Profundidade, ⁽⁴⁾var.: variegada, ⁽⁵⁾Textura: m.: muito, a.: argilosa, ⁽⁶⁾Estrutura: fra.: Fraca, for.: forte, mod.: moderada, mto.: muito, p.: pequena, grd.: grande, gru.: grumosa, gran.: granular, ang.: angular, ⁽⁷⁾Seca: s.: solta m.: macia, d.: dura – Úmida: fr.: friável, fm.: firme, mfr.: muito friável – Molhada: pl.: plástica, pg.: pegajosa, lpl.: ligeiramente plástica, lpg.: ligeiramente pegajosa. Text.: Fração Granulométrica: A. argilosa, M.A. Muito argilosa. Quím. Análises Químicas:, V.: Saturação de bases.

Tabela 3. 2. Características morfológicas, físicas e químicas dos perfis da Topossequência 2 – Alto Rio Jardim

Descrição Morfológica										Análises Físicas				Quím.			
Am. ⁽¹⁾	Horiz. ⁽²⁾	Prof. ⁽³⁾ (cm)	Cor úmida ⁽⁴⁾ (Munsell)	T ⁽⁵⁾	Estrutura ⁽⁶⁾	Consistência ⁽⁷⁾				Granulometria (g Kg ⁻¹)			B/A	Silt/Arg	Text	V	
						S	U	M	P ⁽⁸⁾	Argila	Silte	Areia				%	
Perfil 1 - PLINTOSSOLO PÉTRICO Concrecionário típico – FFc																	
DFAJ-01	Ac	0-18	10YR ¾	a.	for. mto. p. gran.	m.	fr.	pl.	pg.	500	280	220				A.	36
	AF	18-45	10YR 4/6	a.	for. mto. p. gran.	m.	fr.	pl.	pg.								
	F	45-120	10YR 6/8	m. a.	for. mto. p. gran.	m.	fr.	pl.	pg.	651	263	85	-	0,40	M.A.	18	
	FC	120-160	2,5YR 5/8	a.	for. mto. p. gran.	m.	fr.	pl.	pg.								
	C	160+	10YR ¾	a.	for. mto. p. bl.	ld.	fm.	lpl.	pg.								
Perfil 2 - PLINTOSSOLO PÉTRICO Concrecionário típico – FFc																	
DFAJ-02	Ac	0-30	10YR 4/4	as.	for. mto. p. gru.	st.	fr.	pl.	pg.	436	453	111				A.	16
	AF	30-48	10YR ¾	a.	for. mto. p. gran.	m.	fr.	pl.	pg.								
	F	48-105	10YR 4/6	m.a.	for. mto. p. gran.	m.	fr.	pl.	pg.	621	312	67	-	0,50	A.	24	
	FC	105-150	5YR 5/6 var. 2,5Y 8/2	a.	for. mto. p. gran.	d.	fr.	pl.	pg.								
Perfil 3 - PLINTOSSOLO PÉTRICO Concrecionário típico – FFc																	
DFAJ-03	Ac	0-20	7,5YR ¾	a.	for. mto. p. gru.	m.	fr.	pl.	lpg.	550	381	69				A.	21
	AF	20-40	7,5YR 4/6	a.	for. mto. p. gran.	m.	fr.	pl.	lpg.								
	F	40-96	7,5YR 4/4	a.	for. mto. p. gran.	m.	fr.	pl.	pg.	583	374	43	-	0,64	A.	15	
Perfil 4 - CAMBISSOLO HÁPLICO Tb Distrófico – CXbd																	
DFAJ-04	A	0-10	7,5YR 4/6	as.	fra. mto. p. bl.	d.	fm.	pl.	pg.	502	417	82				A.S.	19
	Bi	10-20	7,5YR 5/6	a.	fra. mto. p. bl.	d.	fm.	pl.	pg.	514	397	89	1,02	0,77	A.	14	
	BiC	20-25	5YR 5/6 var. 2,5YR 4/8	a.	fra. mto. p. bl.	d.	fm.	pl.	pg.								
	C	25+															
Perfil 5 - NEOSSOLO REGOLÍTICO Distrófico típico- RRd																	
DFAJ-05	A	0-8	10YR 5/4	a.	fra. p. bl.	d.	fm.	pl.	pg.	493	358	148				A.	40
	AC	8-14	10YR 5/3	a.	fra. p. bl.	d.	fm.	pl.	pg.	435	422	144	-		A.	14	
	C	14+	10R 3/6 var. 7,5YR 8/0	as.										0,97			
Perfil 6 - NEOSSOLO REGOLÍTICO Distrófico típico - RRd																	
DFAJ-06	A	0-10	10YR 5/4	as.	for. p. bl.	d.	fm.	pl.	pg.	489	412	99				A.	23
	AC	10-22	10YR 5/6	as.	for. p. bl.	d.	fm.	pl.	pg.	528	435	37	-		A.	11	
	C	22+	2,5YR 3/6 var. 2,5Y 7/2											0,82			

Cont. Tabela 3.2

Perfil 7 - NEOSSOLO REGOLÍTICO Distrófico típico - RRd																
DFAJ-07	A	0-3	5YR 5/5	a.	mod. p. bl.	d.	fm.	pl.	pg.	422	382	197			A.	34
	C	3-70+	10R 4/8	a.	fra. p. bl.	d.	fm.	pl.	pg.	415	365	219	-	0,88	A.	24
Perfil 8 - GLEISSOLO HÁPLICO Tb Distrófico - GXbd																
DFAJ-08	A	0-33	10YR 5/2	a.	fra. p. bl.	md.	fm.	pl.	pg.	402	414	185			A.	51
	ACg	33-40	10YR 6/2 var. 5YR 6/8	a.	fra. p. bl.	md.	fm.	pl.	pg.	435	422	143	-	0,97	A.	19
	Cg	40-70+	10YR 7/2 var. 5YR 6/8	a.	fra. maciça	md.	fm.	pl.	pg.							
Perfil 9 - LATOSSOLO VERMELHO-AMARELO Distrófico petroplíntico – LVAdc																
DFAJ-09	A	0 – 25	10 YR 4/6	a.	for. mto. p. gran	md.	fm.	pl.	pg.	554	232	214				36
	AB	25 – 38	10 YR 4/6	a.	for. mto. p. gran	d.	fr.	pl.	pg.							
	Bw	38 -95	10 YR 4/6	a.	for. mto. p. gran	m.	mfr.	pl.	pg.	537	295	168	1,08	0,55		12
	Quartzo	95 - 105														
F	105 +	10 YR 4/6			md.	fm.	pl.	pg.								
Perfil 10 - LATOSSOLO VERMELHO Distrófico típico - LVd																
DFAJ-10	A	0-20	10R 3/6	m. a.	for. mto. p. gru.	ld.	fr.	pl.	pg.	684	248	67			M.A.	19
	AB	20-35	10R 4/6	m. a.	for. mto. p. gru.	ld.	fr.	pl.	pg.							
	BA	35-55	10R 4/8	m. a.	mto. p. gran.	ld.	fr.	pl.	pg.							
	Bw	55+	10R 5/8	m. a.	mto. p. gran.	m.	mfr.	pl.	pg.	702	225	73	1,03	0,32	A.	43
Perfil 11 - LATOSSOLO VERMELHO-AMARELO Distrófico petroplíntico – LVAdc																
DFAJ-11	A	0 - 20	7,5 YR 5/4	m. a.	for. mto. p. gru.	ld.	fr.	pl.	pg.	617	290	93		0,47	M.A.	13
	AB	20 – 36	7,5 YR 5/8	m. a.	for. mto. p. gru.	ld.	fr.	pl.	pg.							
	Bw	36 - 120	7,5 YR 6/8	m. a.	for. mto. p. gran.	ld.	fr.	pl.	pg.	654	228	118	1,05	0,34		11
	F	120 +	2,5 YR 4/8	m. a.	fra. mto. p. gran.	m.	mfr.	pl.	pg.							
Perfil 12 - PLINTOSSOLO PÉTRICO Concrecionário típico- FFc																
DFAJ-12	Ac	0 - 12	10 YR 4/6	a.	for. mto. p. gran.	m.	mfr.	pl.	pg.	606	287	107	1,01		A.	16
	F	12 - 40	10 YR 5/4	ma.	for. mto. p. gran.	m.	mfr.	pl.	pg.	594	189	217		0,31		21
	FC	40 +	10YR 6/6 var. 10 R 3/6	ma.	for. mto. p. gran.	m.	mfr.	pl.	pg.							

As análises morfológicas, físicas e químicas foram realizadas na TFSA. ⁽¹⁾Amostra de solo ⁽²⁾Horizonte, ⁽³⁾Profundidade, ⁽⁴⁾var.: variegada, ⁽⁵⁾Textura: m.: muito, a.: argilosa, ⁽⁶⁾Estrutura: fra. fraca, for.: forte, mod.: moderada, mto.: muito, p.: pequena, grd.: grande, gru.: grumosa, gran.: granular, ang.: angular, ⁽⁷⁾Seca: m.: macia, d.: dura – Úmida: fr.: friável, fm.: firme, mfr.: muito friável – Molhada: pl.: plástica, pg.: pegajosa, lpl.: ligeiramente plástica, lpg.: ligeiramente pegajosa. Text.: Fração Granulométrica: A. argilosa, M.A. Muito argilosa. Quím. Análises Químicas:, V.: Saturação de bases. * - Análises morfológicas realizadas na TFSA.

Tabela 3.3 – Características morfológicas, físicas e químicas dos perfis da Topossequência 3 – São Gonçalo

Descrição Morfológica						Análises Físicas						Quím.				
Am. ⁽¹⁾	Horiz. ⁽²⁾	Prof. ⁽³⁾ (cm)	Cor úmida ⁽⁴⁾ (Munsell)	T ⁽⁵⁾	Estrutura ⁽⁶⁾	Consistência ⁽⁷⁾				Granulometria (g K ⁻¹ g)			B/A	Silt/Arg	Text	V %
						S	U	M	P ⁽⁸⁾	Argila	Silte	Areia				
Perfil 1 - PLINTOSSOLO PÉTRICO Concrecionário típico – FFc																
DFAJ-01	Ac	0-18	10YR 3/4	a.	for. mto. p. gran. m.	fr.	pl.	pg.	500	280	220				A.	36
	AF	18-45	10YR 4/6	a.	for. mto. p. gran. m.	fr.	pl.	pg.								
	F	45-120	10YR 6/8	m. a.	for. mto. p. gran. m.	fr.	pl.	pg.	651	263	85	-	0,40	M.A.	18	
	FC	120-160	2,5YR 5/8	a.	for. mto. p. gran. m.	fr.	pl.	pg.								
	C	160+	10YR 3/4	a.	for. mto. p. bl. ld. fm. lpl.			pg.								
Perfil 2 - LATOSSOLO VERMELHO-AMARELO Distrófico típico – LVAd																
DFSG-01	A	0-25	7,5YR 3/4	as.	for. mto. p. gran. m.	fr.	pl.	pg.	719	52	229				M.A.	21
	AB	25-45	7,5YR 4/6	a	for. mto. p. gran. m.	fr.	pl.	pg.								
	Bw	45-300+	7,5YR 6/8	m.a.	for. mto. p. gran. m.	mfr.	pl.	pg.	544	46	410	0,76	0,10	A.	17	
Perfil 3 - LATOSSOLO VERMELHO Distrófico típico – LVd																
DFSG-02	A	0-20	10R 3/6	m.a.	for. mto. p. gru. m.	fr.	pl.	pg.	651	163	185	-			M.A.	
	AB	20-28	10R 4/6	m.a.	for. mto. p. gru. m.	fr.	pl.	pg.								25
	BA	28-34	10R 5/8	m.a.	for. mto. p. gru. m.	fr.	pl.	pg.								
	Bw	34-300+	10R 4/8	m.a.	for. mto. p. gru. m.	mfr.	pl.	pg.	702	174	124	-	0,40	M.A.	16	
Perfil 4 - GLEISSOLO HÁPLICO Tb Distrófico – GXbd																
DFSG-03	A	0-25	10YR 3/6	a.	mod. mto. p. gru. ed. fm. pl.			pg.	494	282					A.	44
	ACg	25-75	10YR 4/2	a.	fra. mto. p. bl. ed. fm. pl.			pg.								
	Cg	75+	2,5Y 8/2	m.a.	fra. mto. p. bl. ed. fm. pl.			pg.	655	129	215		0,20	M.A.	27	
Perfil 5 - ORGANOSSOLO HÁPLICO Hêmico típico – Oxy																
DFSG-04	A	0-60	10YR 2/1	a.	fra. p. gru. m. fr. lpl.			pg.	436	165	299				A.	50
	AC	60-105	10YR 4/2	a.	fra. p. gru. m. fm. pl.			pg.								
	CA1	105-160	10YR 7/6	a.	fra. p. subg. d. fm. pl.			pg.								
	CA2	160+	10YR 7/3	a.	mod. p. subg. ed. fm. pl.			pg.	613	238	149		0,40	A.	64	
Perfil 6 - LATOSSOLO VERMELHO Distrófico típico – LVd																
DFSG-05	A	0-21	2,5YR 4/2	m. a.	for. mto. p. gran. ld. fr. lpl.			pg.	597	88	315		0,15	A.	22	
	AB	21-30	2,5YR 5/2	m. a.	for. mto. p. gran. ld. fr. pl.			pg.								
	BA	30-45	2,5YR 4/4	m. a.	for. mto. p. gran. m. fr. pl.			pg.								
	Bw	45+	2,5YR 5/8	m. a.	for. mto. p. gran. m. mfr. pl.			pg.	755	74	171	1,26	0,10	M.A.	13	

Análises morfológicas, físicas e químicas realizadas na TFSA. ⁽¹⁾ código das amostras de solo, ⁽²⁾Horizonte, ⁽³⁾Profundidade, ⁽⁴⁾var.: variegada, ⁽⁵⁾Textura: m.: muito, a.: argilosa, ⁽⁶⁾Estrutura: for.: forte, mod.: moderada, fra.: fraça, mto.: muito, p.: pequena, grd.: grande, gru.: grumosa, gran.: granular, bl: blocos, ⁽⁷⁾Seca: st.: solta, m.: macia, d.: dura, ld.: ligeiramente dura, md.: muito dura – Úmida: fr.: friável, fm.: firme, mfr.: muito friável – Molhada: pl.: plástica, pg.: pegajosa, lpl.: ligeiramente plástica, lpg.: ligeiramente pegajosa. Text.: Fração Granulométrica: A. argilosa, M.A. Muito argilosa. Quím. Análises Químicas: V.: Saturação de bases.

Tabela 3. 4. Caracterização morfológicas, físicas e químicas dos perfis da Topossequência 4 – Barra Alta.

Descrição Morfológica				Análises Físicas										Quím.			
Am. ⁽¹⁾	Horiz. ⁽²⁾	Prof. ⁽³⁾ (cm)	Cor úmida ⁽⁴⁾ (Munsell)	T ⁽⁵⁾	Estrutura ⁽⁶⁾	Consistência ⁽⁷⁾				Granulometria (g/Kg)			B/A	Silt/Arg	Text	V %	
						S	U	M	P ⁽⁸⁾	Argila	Silte	Areia					
Perfil 1 - LATOSSOLO VERMELHO Distrófico típico – LVd																	
BA-01	A	0-20	10R 3/6		ma. for. mto. p. gru.	m.	fr.	pl.	pg.	690	260	50				M.A.	20
	AB	20-45	10R 4/8		ma. for. mto. p. gran.	m.	fr.	pl.	pg.								
	Bw	45+	10R 5/8		ma. for. mto. p. gran.	m.	mfr.	pl.	pg.	826	144	30	1,07	0,20		M.A.	16
Perfil 2 - PLINTOSSOLO HÁPLICO Distrófico típico – FX																	
BA-02	A	0 – 18			a. mod.mto.p.subg.	md.	mfm.	lpl	lpg.	569	261	170		0,46			50
	AC	18 – 32			a. fra. mto. p. subg.	d.		pl.	pg.								
	C	32 – 80			a. fra. mto. p. subg.	d.		pl.	pg.	570	260	170		0,46			10
	Cgf	80 +			a. fra. mto. p. subg.	md.		pl.	pg.	470	320	210		0,68			5
Perfil 3 - PLINTOSSOLO HÁPLICO Distrófico típico – FX																	
BA-03	A	0-18	2,5Y 3/2		a. for.p. mto.p. gru.	d.	fm.	pl.	pg.	410	260	330				A.	25
	ACg	18-31	2,5Y 4/0		ma. mod. mto.p.subg.	d.	fm.	pl.	pg.	550	280	170	-			A.	41
	ACgf	31+	2,5Y6/2var.10R 5/8		ma. mod. mto.p.subg.	md.	mfm.	pl.	pg.	550	320	130					
Perfil 4 - PLINTOSSOLO PÉTRICO Concrecionário típico – FFc																	
BA-04	Ac	0-45	10YR 4/3		a. for. mto. p. gru.	m.	fm.	pl.	pg.	589	218	193	-			A.	29
	F	45-70	7,5YR 5/4		a. fra. mto. p. subg.	d.	fm.	pl.	pg.	589	237	174		0,63			
	C	70+	10R5/8var.10YR7/8		a. fra. mto. p. subg.	md.	mfm.	lpl.	lpg.	651	263	85	-			M.A.	30
Perfil 5 - NEOSSOLO REGOLITICO Distrófico típico – RRd																	
BA-05	A	0-10	7,5YR 5/6		as. fra. p. bl.	md.	fm.	pl.	pg.	489	412	99				A.S.	18
	AC	10-95	7,5YR 5/4		as. fra. p. bl.	md.	fm.	pl.	pg.	528	435	37	-	0,82		A.	22
	C	95+	10R 6/4		as. fra. p. bl.	md.	mfm.	npl.	npg.								
Perfil 6 - LATOSSOLO VERMELHO Distrófico típico – LVd																	
BA-06	A	0-18	10R 4/5		a. for. mto. p. gru.	m.	fr.	pl.	pg.	570	173	386				A.	27
	AB	18-32	10R 4/8		ma. for. mto. p. gran.	m.	fr.	pl.	pg.								
	Bw	32+	10R 5/8		ma. for. mto. p. gran.	m.	mfr.	pl.	pg.	609	238	153	1,00	0,39		A.	18
Perfil 7 - LATOSSOLO VERMELHO Distrófico típico – LVd																	
BA-07	A	0-15	10R 4/6		a. for.mto. p. gru.	m.	fr.	pl.	pg.	546	205	249				A.	19
	AB	15-30	10R 4/8		a. for. mto. p. gran.	m.	fr.	pl.	pg.								
	Bw	30+	10R 5/8		a. for. mto. p. gran.	m.	mfr.	pl.	pg.	566	225	209	1,06	0,40		A.	14
Perfil 8 - NEOSSOLO REGOLITICO Distrófico típico – RRd																	
BA-08	A	0-8	7,5YR 5/4		a. fra. p. bl.	d.	fm.	pl.	pg.	422	382	197		0,90		A.	16
	C	8+	10R 6/4		as. fra. mto. p. bl.	d.	fm.	npl.	npg.	415	365	219	-	0,88		A.	31

Análises morfológicas, físicas e químicas realizadas na TFSA⁽¹⁾ amostras de solo, ⁽²⁾Horizonte, ⁽³⁾Profundidade, ⁽⁴⁾var.: variegada, ⁽⁵⁾Textura: a.: argilosa, as.: argilossiltosa, ⁽⁶⁾Estrutura: for.: forte, mod.: moderada, fra.: fraca, mto.: muito, p.: pequena, gru.: grumosa, gran.: granular, bl: blocos, subg.: subangular, ⁽⁷⁾Seca: m.: macia, d.: dura, md.: muito dura – Úmida: fr.: friável, fm.: firme, mfm.: muito firme – Molhada: pl.: plástica, pg.: pegajosa, lpl.: ligeiramente plástica, lpg.: ligeiramente pegajosa, npl.: não plástica, npg.: não pegajosa. Text.: Fração Granulométrica: A. argilosa, M.A. Muito argilosa. Quím. Análises Químicas:, V.: Saturação de bases.

Um exemplo de Plintossolo Pétrico Concrecionário típico que ocorre na Superfície Geomorfológica da Bacia do Rio Preto no DF, pode ser verificada na foto 3.1, ocorrendo em morrote residual da Primeira Superfície Geomorfológica ou Região de Chapadas Elevadas (Chapada de Pípiripau) de acordo como Novaes Pinto (1987; 1994). Estes morrotes são extremamente endurecidos, com dificuldade de percolação de água, sendo, portanto extremamente resistentes aos processos erosivos e pedogenéticos. Podem ter espessura variando de 0,50 m a 4 m. O perfil em questão apresenta profundidade de 2,5 m. Quando muito espessos constituem cascalheiras de concreções ferruginosas geralmente utilizadas como área fonte para pavimentação de estradas (DNIT, 2006), alterando a paisagem natural.



Foto 3.1. Plintossolos Pétricos Concrecionários típico de ocorrência em morrotes relictuais na bacia do Rio Jardim, DF.

Morrotes semelhantes foram descritos por Lacerda e Barbosa (2012) na Estação Ecológica de Águas Emendadas, porém de menores dimensões e de

maneira dispersa e esparsa. Morrotes já haviam sido relatados por Belcher (1954) como *buttes*. A foto 3.2 mostra o perfil de um Plintossolo Pétrico Concrecionário típico de menor espessura, podendo-se notar a resistência que o mesmo impõe em uma região de relevo ondulado, impedindo a atuação dos processos pedogenéticos, com exposição de rocha pelíticas do substrato geológico, a partir de 65 a 70 cm.

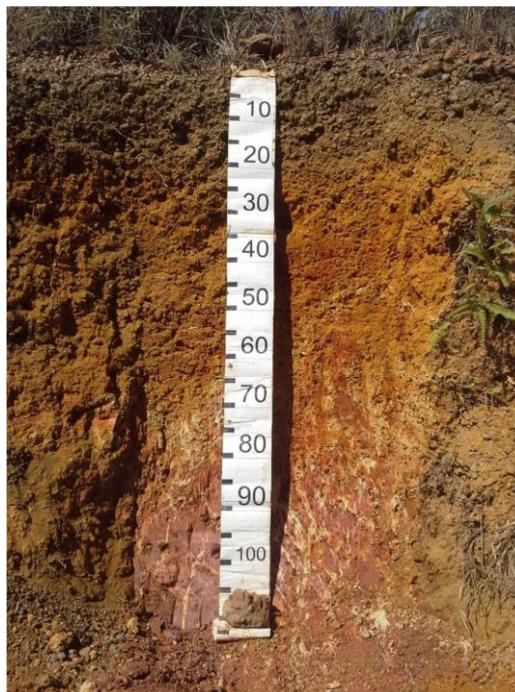


Foto 3. 2. Plintossolo Pétrico Concrecionário típico. Ocorrência na bacia do Rio Jardim, DF, impedindo a atuação de processos pedogenético.

Já o Plintossolo Pétrico Concrecionário latossólico (Foto 3.3), representa um solo mais evoluído que os demais, mas, ainda, com restrição ao processo de latolização, pois o horizonte Bw não apresenta a espessura mínima necessária para a classificação como Latossolo. Desenvolve-se na transição de relevo suave ondulado, com 8% de declividade, causando restrição a evolução pedogenética.

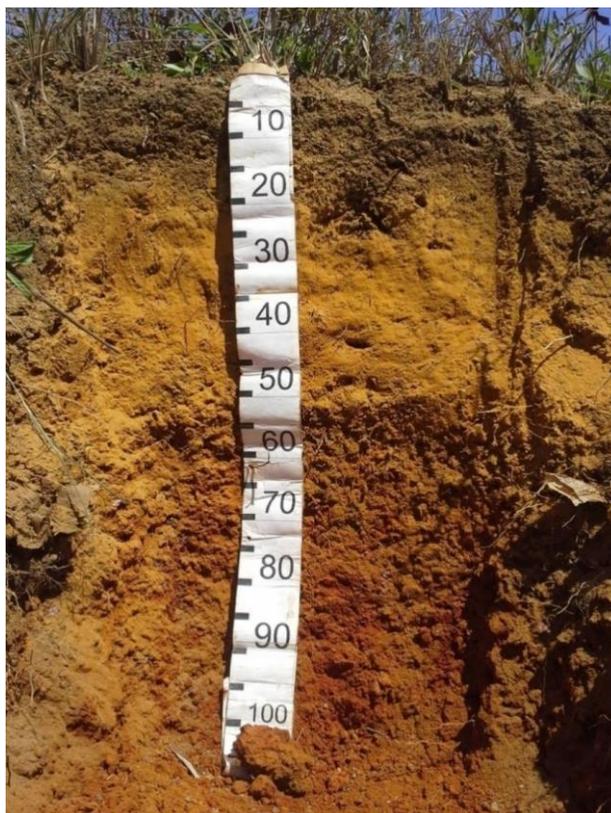


Foto 3. 3. Pintossolo Pétrico Concrecionário latossólico, com restos de horizonte concrecionário no horizonte A.

Quanto as propriedades químicas todos os solos analisados se apresentaram distróficos, com exceções para dois perfis, perfil 2 da topossequência (tabela 3. 1) com valores de V em 80 para o horizonte A e 51 para o horizonte Bw, estes valores são consequência de contaminação por calcário, pois segundo o administrador da propriedade, ao longo das divisas da propriedade sempre são depositados calcário e gesso agrícola. O perfil 2 da topossequência 4, no horizonte A apresentou V de 51, sendo que a área já foi ocupada com lavoura e pastagem com tifton 85, que exige saturação por bases mais elevada (Prado e Barion, 2009).

3. 3. 1 RELAÇÕES PEDOMORFOGEOLÓGICAS

As atividades de campo, associadas às análises morfológicas, físicas e químicas dos solos avaliados permitiram estabelecer as relações pedomorfogeomológicas que representam o modelo de distribuição das diversas classes de solos na MRJ.

As feições morfométricas do terreno que controlam o desenvolvimento dos solos são: classes de declividade, classes de curvatura, classes de comprimento de rampa, classes de textura, índice topográfica de umidade e geologia. Esse modelo será utilizado como a base para o mapeamento digital dos solos da MRJ. A tabela 3.5 apresenta as classes de solos de ocorrência na BRJ e as feições morfométricas do terreno e geologia que controlam o seu desenvolvimento.

3. 4 Conclusões

1 – A disposição dos Plintossolos Pétricos nas bordas da Chapada Elevada e topo dos Morrotes residuais, condicionam a evolução do relevo e pedogênese do material de origem ainda parcialmente preservado.

2 – A presença de Neossolos Regolíticos demonstra que a área de estudo encontra-se em desenvolvimento, por se tratar de solos jovens pouco evoluídos, que foram preservados pela presença de horizontes petroplínticos ou camadas de petroplíntita.

3 – A evolução dos solos se dá a partir dos morrotes residuais, em direção a rede de drenagem, seguindo uma sequência de Plintossolos Pétricos em perfil convexo em relevo que varia de fortemente ondulado a suavemente ondulado, Latossolo Vermelho Amarelo e Latossolo Vermelho e dependendo das formas

do relevo, podemos ter Latossolo Vermelho Amarelo, quando plano a suave ondulado em rampa longa, ou quando em rampas curtas temos Plintossolo Háplico, Gleissolo Háplico e Organossolo Háplico, nas proximidades da rede de drenagem.

4 – As diferentes classes de solo podem ser separadas por formas de relevo e feições de curvatura e intensidade de movimentação do terreno, sendo que as relações pedogeomorfológicas geram parâmetros para um modelo de predição de distribuição de classes de solo.

Tabela 3. 5. Relações Pedogeomorfológicas da microbacia do rio Jardim

SOLOS	Morfometria do Terreno					Geologia
	Classes de declividade (%)	Classes de Curvatura	Classe de Comprimento de Rampa	Índice Topográfico Umidade	Textura + Feições morfométricas	
LVd	0-20	Convexo, Plano	Retilíneo	Capacidade intermediária de retenção de água	-	Grupo Paranoá – MNPpr4, Grupo Canastra - MNPccf, Grupo Bambui.
LVA _{dc} com inclusões de LVA	3-20	Convexo, Plano	Convexo, Plano	Capacidade intermediária de retenção de água	-	Grupo Paranoá – MNPpr4, Grupo Canastra - MNPccf, Grupo Bambui
FFc	0-45	Extremo Convexo		Capacidade baixa de retenção de água	-	Grupo Paranoá – MNPpr4, Grupo Canastra - MNPccf, Grupo Bambui
FF latossólico	0-20%	Convexo, Plano	Convexo, Plano	Capacidade intermediária de retenção de água	Morfometria homogênea do terreno	Grupo Paranoá – MNPpr4, Grupo Canastra - MNPccf, Grupo Bambui
RR +CX	8-45%	Convexo	-	Capacidade baixa de retenção de água	Morfometria heterogênea do terreno	Grupo Paranoá – MNPpr4, Grupo Canastra - MNPccf, Grupo Bambui
Associação de Solos Hidromórficos - SH (FX + GX + O)	0-8 (planície de inundação)	Plano	-	Capacidade alta de retenção de água		

LVd, Latossolo Vermelho Distrófico típico; LVA_{dc}, Latossolo Vermelho Amarelo Distrófico concrecionário; FF, Plintossolo Pétrico Concrecionário típico; FF, Plintossolo Pétrico; CX, Cambissolo Háplico; RR, Neossolo Regolítico; FX, Plintossolo Háplico; GX, Gleissolo Háplico; O, Organossolo.

3. 5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ARRUDA, G. P.; DEMATTÊ, J. A. M.; CHAGAS, C. S. Mapeamento Digital de Solos por Redes Neurais Artificiais com base na relação solo-paisagem. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.37, p.327-338, 2013.

BARBOSA, I. O.; LACERDA, M. P. C., BILICH, M. R. Relações pedomorfogeológicas nas chapadas elevadas do Distrito Federal. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 33:1373-1383, 2009.

BELCHER J. *O relatório técnico sobre a nova capital - Relatório Belcher*, reedição CODEPLAN, 1984, Brasília, 316 p. 1954.

CAMPOS, M. C. C.; RIBEIRO M. R.; SOUZA JÚNIOR, V. S. DE; RIBEIRO FILHO M. R.; ALMEIDA, M. DA C. DE. Relações Solo-Superfície Geomórfica em uma Topossequência Várzea-Terra Firme na Região de Humaitá (AM). **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.36, p. 325-336, 2012.

CODEPLAN/SICAD. Folhas topográficas escala 10.000. **Sistema SICAD de mapeamento do Distrito Federal**. Brasília, CODEPLAN, 1991.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES - DNIT. Manual de pavimentação. 3ª. ed. Rio de Janeiro: Ministério dos Transportes, Instituto de Pesquisas Rodoviárias, 2006. 274p.

EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária-. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 3.ed. Brasília, 2014. 353p.

FREITAS-SILVA, F. H.; CAMPOS, J. E. G. Geologia do Distrito Federal. In: CAMPOS, J. E. G.; FREITAS-SILVA, F. H., coords. **Inventário hidrogeológico e dos recursos hídricos superficiais do Distrito Federal**. Brasília, SEMATECIEMA-MMA-SRH, 1998.CD-ROM.

LACERDA, M. P. C.; BARBOSA, I. O. Relações Pedomorfogeológicas e Distribuição de Pedoformas na Estação Ecológica de Águas Emendadas, Distrito Federal. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 36, pag. 709-721, 2012.

LARACH, O. I.; J.; SOUZA, J.L.R.; SILVEIRA, C.O. Levantamentos pedológicos no Brasil executados pelo SNLCS – EMBRAPA. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SOLOS TROPICAIS EM ENGENHARIA, 1981. Rio de Janeiro, p.13-29. 1981.

MOTTA, P. E. F.; CARVALHO FILHO, A.; KER, J.C.; PEREIRA, N. R. Relações solo-superfície geomórfica e evolução da paisagem em uma área do planalto central brasileiro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, 37:869-878, 2002.

NOVAES PINTO M. Superfícies de aplainamento do Distrito Federal. **Revista Brasileira de Geografia**, v. 49, p. 09-27, 1987

NOVAES PINTO M. Caracterização geomorfológica do Distrito Federal. In: M. NOVAES PINTO (org.) **Cerrado: caracterização, ocupação e perspectivas**. Brasília. Editora UnB. 2ª ed. p. 285-320. 1994.

PEREIRA, T. T. C.; KER, J. C.; SCHAEFER, C. E. G. R.; BARROS, N. F. DE; NEVES, J. C. L.; ALMEIDA, C. C. Gênese de Latossolos e Cambissolos desenvolvidos de rochas pelíticas do grupo Bambuí - Minas Gerais. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 34, n. 4, p. 1283–1295, 2010.

PRADO, R.DE M.; BARION, R. D. Efeitos da calagem na nutrição e produção de massa seca do capim Tifton 85. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 39, n. 3, p. 218-224, jul./set. 2009.

RESENDE, M.; CURI, N.; CORREA, G. F.; REZENDE, S. B. **Pedologia: base para distinção de ambientes**. Lavras: UFLa, 2007.

RODOLFO JUNIOR, F.; ARAÚJO, L. G.; SOUZA, R. Q.; SILVA BATISTA, F. P.; OLIVEIRA, D. N. S.; LACERDA, M. P. C. Relações solo-paisagem em

topossequências na Fazenda Água Limpa, Distrito Federal. **Nativa**, v. 3, n. 1, p. 27–35, 2015.

SANTOS, J. C. B.; SOUZA JÚNIOR, V. S.; CORRÊA, M. M.; RIBEIRO, M. R.; ALMEIDA, M. DA C.; BORGES, L. E. P. Caracterização de neossolos regolíticos da região semiárida do Estado de Pernambuco. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 36, n. 3, p. 683–696, 2012.

SANTOS, R.D. dos; LEMOS, R.C. de; SANTOS, H.G. dos; KER, J.C.; ANJOS, L.H.C. dos. **Manual de descrição e coleta de solos no campo**. 5 ed., revisada e ampliada. Viçosa, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 100p il. 2005.

SANTOS, R. D.; LEMOS, R. C.; SANTOS, H. G.; KER, J. C.; ANJOS, L. H. C. **Manual de descrição e coleta de solo no campo**. 5ª ed. Viçosa, MG, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2013. 100p.

TERRACAP – AGÊNCIA DE DESENVOLVIMENTO DO DISTRITO FEDERAL. **Ortofotos de reconhecimento do Distrito Federal, na escala 1:5.000**. Brasília, DF: TERRACAP, 2013.

CAPÍTULO 4 - FEIÇÕES GEOMORFOLÓGICAS DA BACIA DO RIO PRETO NO DISTRITO FEDERAL

RESUMO

O solo é recurso cada vez mais escasso e valioso para a humanidade, e a demanda por alimentos cresce constantemente. A importância deste recurso natural tem que ser conhecida para o melhor aproveitamento de maneira coerente e sustentável. O entendimento da evolução do solo e sua distribuição na paisagem está diretamente relacionada com os fatores de sua formação, sendo fundamental para o mapeamento dos solos. Para tanto, este trabalho teve por objetivo avaliar as classes de solos associadas às feições geomorfológicas da Bacia do Rio Preto no Distrito Federal (DF), como subsídio para realizar o Mapeamento Digital de Solos (MDS) mediante relações pedomorfogeológicas. Foram avaliadas quatro topossequências, na microbacia do Rio Jardim, DF, representativas da ocorrência das classes de solo e feições de relevo da Bacia do rio Preto no DF. Com o uso de programas de Sistemas de Informações Geográficas processou-se uma base de dados digitais para a obtenção de parâmetros físicos e morfométricos para a classificação das feições de relevo, bem como sua distribuição na área estudada. A área estudada é resultante da evolução por erosão diferencial e pedogenética desta primeira superfície, apresentando muitos resíduos preservados em forma de Morros Residuais, constituídos por Plintossolos Pétricos Concrecionários. Associados aos morrotes residuais cobertos por Plintossolos Pétricos Concrecionários ocorrem com muita frequência Neossolos Regolíticos e esporadicamente Cambissolos, mostrando o impedimento da evolução pedogenética em áreas de Plintossolos Pétricos Concrecionários em locais propícios ao desenvolvimento de solos mais evoluídos. A maior parte das terras da bacia está inserida em relevo plano a suave ondulado, com desenvolvimento de Latossolos, que confere a vocação agrícola da região, que resulta na maior produção agropecuária do DF.

Palavras Chaves: relações pedomorfogeológicas, Morros Residuais, Chapadas Elevadas.

4.1 INTRODUÇÃO

Para o estudo sobre a compreensão do relevo em uma região, deve-se considerar que as formas de relevo não são componentes independentes na paisagem e, conseqüentemente, a sua evolução também não é. Quando se pretende entender a evolução da forma de relevo de uma determinada área, torna-se necessário considerar as características geológicas, climáticas, hidrológicas, pedológicas e biológicas da respectiva área, bem como a atuação antrópica, pois o homem também é um componente do meio e um agente modificador de extrema atuação (Trentin, 2012).

Penteado e Orelhana (1985) apontam para uma análise geomorfológica que consiste na identificação das formas de relevo, por meio de estudo de sua origem, estrutura, natureza das rochas, clima e dos fatores endógenos e exógenos responsáveis pelo modelado ou pela formação de determinados elementos da superfície terrestre.

Segundo Ab'Saber (1969), para se compreender a compartimentação geomorfológica, é imprescindível entender o processo evolutivo, considerando a ação diferencial dos processos morfogenéticos, tais como as mudanças climáticas ao longo do tempo geológico, os componentes de geologia estrutural, valorizando os mecanismos tectogenéticos e as propriedades das rochas, sem desconsiderar os efeitos da interface em cada estágio de evolução.

A conformação atual do relevo do Planalto Central Brasileiro teve origem nos ciclos erosivos Sul-americano, desenvolvido entre o Terciário Inferior e Médio (Braun, 1971), sendo que as maiores altitudes do Planalto Central são remanescentes da Superfície Sul Americana. Estas áreas mais elevadas são

denominadas por Novaes Pinto (1984) no DF, como chapadas Elevadas. As áreas à jusante ao rebordo das chapadas, região com altitudes inferiores a 1000 metros do nível do mar, formam a superfície de aplainamento Velhas (King, 1956).

Segundo Novaes Pinto (1987) o Distrito Federal compõe-se por três superfícies geomorfológicas, denominando-as como Região de Chapada, Região de Dissecação Intermediária e Região de Vales de Dissecação. Já Martins e Baptista, (1998) propuseram a compartimentação geomorfológica do DF em Chapadas Elevadas, Rebordos, Escarpas, Planos Intermediários e Planícies. Os autores enfatizam que os limites entre as Chapadas Elevadas e os Planos Intermediários no interior do Domo de Brasília praticamente não apresentam escarpas importantes, mas principalmente rebordos, gerando um poder erosivo de baixa intensidade, marcados por vertentes suaves.

Na região dos planos Intermediários tem-se a presença de morros residuais, da primeira superfície, também conhecidos como “*buttes*”, que foram descritos por Belcher (1954). Martins e Baptista (1998) relatam que não existe controle litológico para a ocorrência dos remanescentes das superfícies de aplainamento, a não ser quando a rocha sobrejacente é um quartzito que sustenta e preserva as superfícies. Os autores descrevem ainda que a 1ª Comissão Exploratória da Nova Capital, a Missão Cruls, reconheceu que a área geral do Distrito Federal em 1892, era uma antiga peneplanície que foi sobrelevada em 3 estágios, por meio da presença de residuais da primeira superfície, na forma de chapadas e *buttes*, e pelo embutimento da segunda na primeira superfície geomorfológica.

Quanto às coberturas de Plintossolos Pétricos nas bordas das chapadas que constam no Relatório Belcher (1954), que correspondem nos tipos de crostas

lateríticas, Martins & Baptista (1998) as apresentam com a terminologia atual da seguinte forma: 1. Argilas jaspeadas moles que se transformam irreversivelmente em crostas quando expostas (horizonte mosqueado) - horizonte plíntico; 2. Crostas celulares e conglomerados jaspeados na forma de blocos vesiculares (couraça vesicular) - horizonte concrecionário; 3. concreções soltas (horizonte de linhas de pedras ou de nódulos soltos) - horizonte concrecionário; e 4. concreções consolidadas (couraça nodular) - horizonte litoplíntico. A ocorrência de crostas lateríticas é restrita às bordas da primeira superfície na forma de uma faixa de uns poucos metros até mais de 100 m de largura, especialmente quando a quebra de declividade para a segunda ou outra superfície geomorfológica é brusca. Consiste em uma camada de menos de 1 m até uns poucos metros de espessura, formada por nódulos concrecionários soltos, normalmente sustentada por uma camada de couraça vesicular e/ou nodular, de espessura desconhecida, mas, provavelmente, variando de poucos a menos de um metro de espessura.

Além disso, todos os *buttes*, serras e áreas irregulares estreitas, residuais da Primeira Superfície, são cobertos por crostas com horizonte de nódulos concrecionários soltos, de 1 a 5 m de espessura. Ocasionalmente, ocorrem blocos de couraças vesiculares ou pisolíticas, ao longo das arestas dos *buttes*. Estes blocos, em geral, se elevam de vários centímetros a mais de 0,5 m acima da superfície do *buttes*. Este fato é considerado como sendo uma comprovação de que esses blocos são resíduos e que a superfície geomorfológica tem se erodido geologicamente, talvez um ou mais metros, desde que as crostas formaram-se. Os flancos dos *buttes* são cobertos com cascalhos lateríticos nodulares de 1 a 2 m de espessura (Martins e Baptista, 1998).

Lacerda e Barbosa (2012) também descrevem Morros Residuais com altitude de 1.060 m nas superfícies geomorfológicas denominadas de Planos Intermediários, em estudo sobre a correlação da geomorfologia e distribuição das classes de solo em geotoposequências direcionadas da primeira para a segunda superfície geomorfológica do Distrito Federal.

Como no relatório Belcher (1954), Penteado (1976) e Motta et al. (2002) referem-se sobre a presença de concreções ferruginosas nas bordas das chapadas, tanto na superfície do solo como em profundidade, constituindo Plintossolos Pétricos, que podem ser Litoplínticos, quando se apresentam em forma de couraça, ou como nódulos concrecionários soltos, que corresponde ao Plintossolo Pétrico Concrecionário.

A porção leste do Distrito Federal (DF), compreende a bacia do Rio Preto no DF, e apresenta compartimentação geomorfológica controversa em relação às demais Superfícies Geomorfológicas definidas no DF (Penteado, 1976; Novaes Pinto, 1994; Martins e Baptista, 1998). A correlação entre as áreas de maiores e menores altitudes não esclarece sua disposição correta e evolução em relação às demais Superfícies Geomorfológicas. No entanto, esta é uma importante região do agronegócio do DF, e o entendimento da evolução desta Superfície Geomorfológica está diretamente relacionada ao desenvolvimento das classes de solos. Assim, o estudo da evolução geomorfológica desta região pode e deve ser concomitante à caracterização das classes de solos, auxiliando no detalhamento da ocorrência de classes de solos diversificadas e do potencial agropecuário das mesmas, auxiliando mapeamentos de solos de maior detalhamento, para subsidiar planejamentos de uso e manejo sustentáveis na região.

Diante deste cenário, o presente trabalho objetivou avaliar as feições geomorfológicas da região Leste do Distrito Federal, representada pela Bacia do Rio Preto no DF.

4.2 MATERIAL E MÉTODOS

4.2.1 Base de dados

Os mapas temáticos disponíveis (mapa de solos, mapas geológicos, mapas geomorfológicos, todos em escala 1:100.000), cartas planialtimétricas em escala 1:10.000 elaborados pela CODEPLAN (CODEPLAN/SICAD, 1991), foram implementados no banco de dados digitais do projeto de pesquisa por meio do programa ArcGIS.

As feições do relevo foram determinadas por meio de geração de Modelo Numérico do Terreno – (MNT) da área de estudo, utilizando curvas de nível, hidrografia e pontos cotados extraídos da base altimétrica da CODEPLAN/SICAD (CODEPLAN/SICAD, 1991), em escala 1:10.000, por meio do programa ArcGIS - módulo *Spatial Analyst Tools*, por intermédio do interpolador *Topo To Raster*. Segundo Guimarães (2000) e Barbosa (2007) esta metodologia, dentre as demais utilizadas para realizar a modelagem do terreno, apresenta uma maior eficiência em relação à topografia real do terreno, uma vez que essa técnica foi desenvolvida com o objetivo específico de converter dados vetoriais em modelos hidrológicos relacionados à elevação do terreno. O método utiliza a eficiência computacional da interpolação local, como ponderação do inverso da distância, sem perder a continuidade superficial dos métodos globais de interpolação, como *Krigagem* e *Spline* (Nogueira e Amaral, 2009).

Os mapas foram gerados em resolução de 142 m, com exceção para o mapa de declividade, que foi gerado em resolução de 10 metros, para poder representar a realidade da superfície, que apresentou relevo montanhoso e escarpado na borda da chapada. Este fato foi estudado por Wilson et al. (2000), que demonstraram como o gradiente de inclinação tende a diminuir e o comprimento do caminho tende a aumentar à medida que o tamanho das células aumenta. Mostrou que encostas íngremes desaparecem à medida que o tamanho da célula foi aumentado de 30 m para 200 m. Esta discrepância nos valores de declividade foi relatada por Thompson et al. (2001), ao examinarem a profundidade do pédon relacionada ao MDE.

A partir do MNT foram elaborados os mapas de classes de declividade e de classes hipsométricas. Para outras feições do terreno, importantes para o entendimento da evolução geomorfológica da região, o MNT gerado foi exportado para o programa *System for Automated Geoscientific Analyses Geographic Information System* (SAGA GIS), por ser este programa considerado mais eficiente na geração de atributos do terreno e por meio do módulo *Terrain Analysis, Compound Terrain Analysis, Basic Terrain Analysis* foram elaborados mapas morfométricos, tais como os mapas de *Cross-Section Curvature* (Curvatura Seccional Cruzada), *Topograph Wetnees Index* (Índice Topográfico de Umidade), *Wetnees Index* (Índice de Umidade - WI) e *Morphometry, Relative Heights and Slope Position*, para se gerar *Standardized Height* (Altitude Padronizada), este produto do SAGA GIS, foi utilizado para melhor distinguir as classes de altitude (Böhner e Selige, 2006).

Todos foram convertidos em formato ASCII para exportação para o programa ArcGIS.

No ArcGIS os mapas importados gerados no SAGA GIS, foram convertidos em formato *Raster*, utilizando a ferramenta *ArcToolbox - Conversion Tools- ASCII to Raster*. O passo posterior foi reclassificar cada um dos mapas, conferindo pesos para cada classe morfométrica estabelecida nos mapas.

As operações de reclassificação foram realizadas no programa ArcGIS, utilizando o *módulo Spatial Analyst Tools, Reclass, Reclassify*, onde foram atribuídos pesos a cada classe nos mapas gerados, de acordo com a influência das classes no mapa final, como consta na tabela 4.1.

Após a reclassificação, procedeu-se o cruzamento utilizando a lógica *Fuzzy*, com a ferramenta, *ArcToolbox, Spatial Analyst, Overlay, Fuzzy Overlay*.

O processo de reclassificação dos mapas atribui pesos a cada classe das feições morfométricas, relacionando dois ou mais mapas de acordo com Zhu et al. (2010). Elabora-se uma tabela e ordena-se as classes de feições de cada mapa em colunas, e são atribuídos valores de 0 a 1, como está exposto na tabela IV.1, com os valores de índice de umidade (WI) e curvatura seccional cruzada (CSC) e seus respectivos pesos para gerar o Mapa de Feições de Superfície do Terreno. Este procedimento foi adotado para todos os mapas.

O mapa de Curvatura Seccional Cruzada (CSC) foi reclassificado de maneira que pudesse representar as feições do terreno, atribuindo maior peso para as áreas de perfis do terreno convexos 0,5, e menor para retilíneo, 0,1 e intermediário para perfil côncavo 0,3. As feições de transição de perfil convexo para retilíneo e de retilíneo para côncavo, receberam pesos 0,4 e 0,2, respectivamente, como pode ser visualizado na tabela 4.1.

Já para o mapa de Índice de Umidade – WI, primeiramente foi interpretado os seus graus de probabilidade de acúmulo de umidade, pois nas condições do

terreno na área de estudo foram geradas pelo SAGA GIS dezoito classes, onde o nível de menor acúmulo de umidade recebeu o valor 6, e as classes seguintes os valores foram acrescidos em uma unidade, até o maior que recebeu o valor de 23. Para a sua reclassificação foi conferida peso 0,9, para as classes com valores superiores a 12 até 23, peso 0,8 para classe de 6 a 7, as classes 11 a 8 receberam pesos de 0,7 a 0,4 (Tabela 4.1).

Tabela 4. 1: Valores de Índice de Umidade - WI e Curvatura Seccional Cruzada (CSC) e respectivos pesos utilizados na geração do Mapa de Feições de Superfície do Terreno da Bacia do Rio Preto, DF.

Reclassificação das feições para gerar Mapa de Feições de Superfície do			
WI ¹		CSC ³	
Classe ²	Peso	Classe ⁴	Peso
b. a. u.	0,1	côncavo	0,3
b. a. u.	0,8	t. cv. ret	0,2
b. a. u.	0,4	retilíneo	0,1
a. u. i.	0,5	t. ret. cx.	0,4
a. u. i.	0,6	convexo	0,5
a. u. i.	0,7		
a. a. u.	0,9		

(¹)Índice de Umidade, (²) b. a. u., baixo acúmulo de umidade: a. u. i., acúmulo de umidade intermediário, a. a. u., alto acúmulo de umidade, (³) Curvatura Seccional Cruzada, (⁴) t. cv. Ret, transição de perfil côncavo para retilíneo, t. ret. cx, transição de perfil retilíneo para convexo.

Feitas as reclassificações os mapas de Curvatura Seccional Cruzada (CSC) e o mapa de Índice de Umidade - WI foram processados utilizando-se a ferramenta *Fuzzy Overlay*, opção *SUM*, conforme tabela IV.1, com os respectivos classes de WI e CSC e seus pesos no programa ArcGIS. Este procedimento gerou o Mapa de Feições de Superfície do Terreno da Bacia do Rio Preto, DF.

Para a obtenção da rede de drenagem, foram utilizados os mapas de Curvatura Seccional Cruzada (CSC) e o Índice de Umidade (WI). Os valores dos pesos atribuídos a cada classe de atributo são visualizados na tabela 4.2.

Tabela 4. 2: Valores de Índice de Umidade - WI e Curvatura Seccional Cruzada (CSC) e respectivos pesos usados na geração do Mapa de Drenagem da Bacia do Rio Preto, DF.

Reclassificação das feições para gerar mapa de Drenagem			
WI ¹			
Classe ²	Peso	Classe ⁴	Pe
b. a.	0,7	côncav	0,2
b. a. u.	0,8	t. cv. ret	0,3
b. a. u.	0,6	retilíneo	0,1
a. u.	0,6	t. ret. cx	0,4
a. u.	0,5	convex	0,5
a. a.	0,9		
a. a. u.	1		

⁽¹⁾Índice de Umidade, ⁽²⁾b. a. u., baixo acúmulo de umidade: a. u. i., acúmulo de umidade intermediário, a. a. u, alto acúmulo de umidade, ⁽³⁾ Curvatura Seccional Cruzada, ⁽⁴⁾ t. cv. Ret, transição de perfil côncavo para retilíneo, t. ret. cx, transição de perfil retilíneo para convexo.

Para o mapeamento dos morrotes residuais de Plintossolos Pétricos Concrecionários foi utilizado, também, os mapas *Topograph Wetness Index* Índice Topográfico de Umidade (TWI e CSC). Assim, os maiores valores foram atribuídos às regiões com menor probabilidade de acúmulo de umidade, correspondendo às classes de TWI a partir de 12 a 26, em quinze classes. A reclassificação foi feita com os pesos 0,65 para as classes 12 e 13, e zero para as demais (Tabela 4.3).

Tabela 4. 3: Valores de Índice Topográfico de Umidade - TWI e Curvatura Seccional Cruzada -CSC e respectivos pesos para a geração do Mapa Distribuição de Morrotes de Plintossolos Pétricos na Bacia do Rio Preto, DF.

Reclassificação das feições para gerar mapa de Morros Residuais

TWI ¹		CSC ³	
Classe ²	Peso	Classe ⁴	Peso
b. a. u.	0,65	côncavo	0
	0	t. cv. ret	0
a.	0	retilíneo	0
		t. ret. cx	0,9
		convexo	0,9

⁽¹⁾Índice Topográfico de Umidade, ⁽²⁾b. a. u., baixo acúmulo de umidade: a. u. i., acúmulo de umidade intermediário, a. a. u, alto acúmulo de umidade, ⁽³⁾Curvatura Seccional Cruzada, ⁽⁴⁾ t. cv. Ret, transição de perfil côncavo para retilíneo, t. ret. cx, transição de perfil retilíneo para convexo.

Para gerar um mapa geomorfológico condizente com a realidade, o Mapa de Feições de Superfície do Terreno da Bacia do Rio Preto, DF, foi gerado uma mapa denominado de alticlinométrico, utilizando-se o mapa de Declividade (DCV) e *Standardzed Height* (*Standardzed Height* - SH) que foram reclassificados conforme tabela 4.4, para a elaboração do Mapa Geomorfológico Alticlinométrico Atual da Bacia do Rio Preto, DF.

Tabela 4. 4: Valores de Standardzed Height SH e Declividade DCV e respectivos pesos para a geração do Mapa Geomorfológico Alticlinométrico Atual da Bacia do Rio Preto, DF.

Reclassificação das feições para gerar mapa geomorfológico altideclimétrico			
SH ¹	DCV ³		
Classe ²	Peso	Classe ⁴	Pes
vale do rio	0,2	plano	0
transição	0,3	sv. ond	0
plan.inter	0,8	ond.	0,1
chp. elev	0,9	fort.	0,1
		mont.	0,7
		escp.	0,8

⁽¹⁾Altitude Padronizada, ⁽²⁾vale do rio Preto; transição, região de transição entre superfícies; plan. Inter., região de planos intermediários entre as superfícies;⁽³⁾ Declividade ⁽⁴⁾; plano; sv. ond. , suave a ondulado; ond., ondulado; fort. ond., forte ondulado; mont., montanhoso; escp. Escarpado.

Posteriormente, os Mapas Alticlínométrico, de Drenagem e Distribuição de Morrotes da Bacia do Rio Preto, DF foram utilizados para a confecção do mapa final designado de Mapa de Feições Geomorfológicas Atuais da bacia do Rio Preto, DF. As feições geradas em cada mapa, foram reclassificadas utilizando sequências ordenadas com potência de base 2 (Nolasco-Carvalho et al., 2009), os valores das sequências encontram-se na tabela 4.5. Após a reclassificação, os mapas foram somados com a ferramenta *Map Algebra*, *Raster Calculator*.

Tabela 4.5. Tabela com valores de reclassificação das classes do Mapa Geomorfológico Alticlínométrico Atual, de Drenagem e Distribuição de Morrotes da Bacia do Rio Preto, DF, para o estabelecimento do Mapa de Feições Geomorfológicas Atuais da bacia do Rio Jardim.

Classe	Mapa Geomorfológico Altideclimétrico Atual	Peso
	Chapadas Elevadas	2
	Encostas Convexas	2
	Encostas Côncavas	8
Classe	Região de Transição	16
	Resíduos das Chapadas Elevadas	32
	Vale da Bacia do Rio Preto	64
	Encostas onduladas a forte onduladas	128
	Encostas Montanhosas a Escarpadas	256
	Mapa de Morros residuais e cobertura petroplíntitas	
Classe	demais feições	0
	Mapa de Morros residuais	512
	Drenagem	
Classe	demais feições	0
	drenagem	1024

4.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

O Mapa de Feições da Superfície do Terreno da Bacia do rio Preto pode fornecer uma ideia inicial na questão dos pesos a serem utilizados nas reclassificações, pois representa as feições morfométricas do terreno, porém não gera um mapa em que cada feição pode ser individualizada. Este fato levou a conclusão de se gerar um mapa com uma ou duas feições, onde se pudesse individualizar as feições, que foi o caso do mapa de distribuição dos morrotes residuais (Figura 4.1).

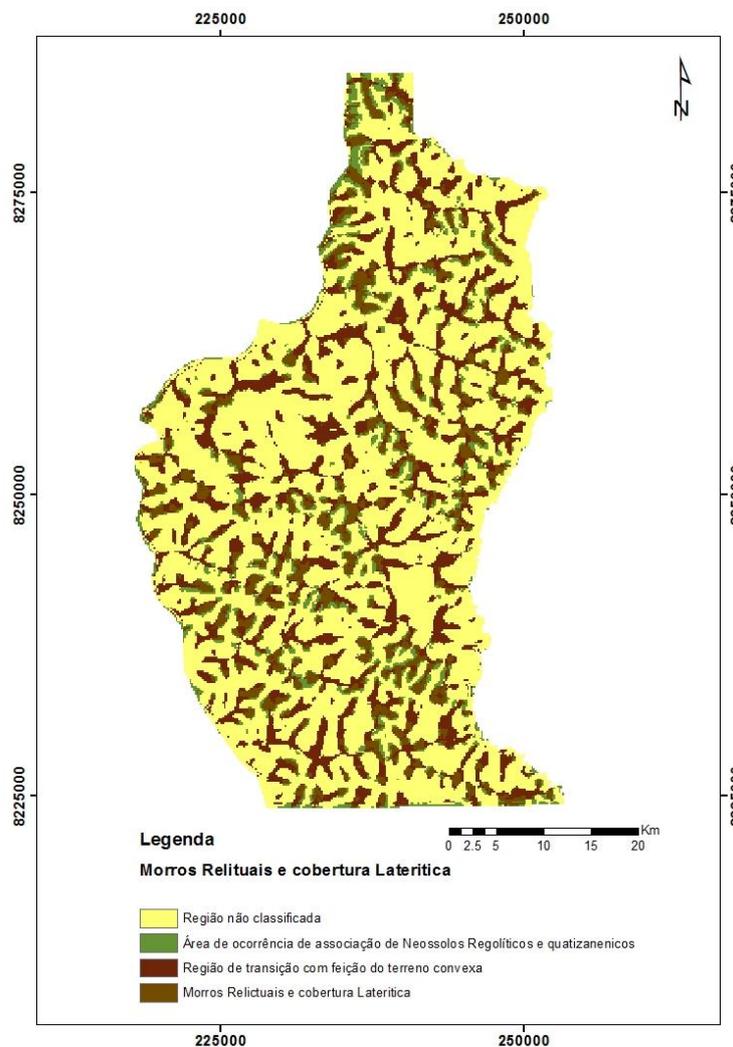


Figura 4. 1. Mapa de Distribuição dos Morros Residuais da Bacia do Rio Preto, DF.

O resultado deste mapa não somente mostrou a posição dos morros residuais, a posição de muitos Plintossolos Pétricos na paisagem, bem como expressou a presença de regiões com solos pouco desenvolvidos, como Neossolos Regolíticos (RR) (Foto 4.1), de muita ocorrência na região do Núcleo Rural Tabatinga, fato não citado pelos Levantamentos Pedológicos anteriores (Embrapa, 1978; Reatto et al. 2000).



Foto 1.1. Perfil 8, topossequência 4, Neossolo Rgolítico

O mapa de Rede de Drenagem apresentou resultado muito satisfatório (Figura 4.2), estando totalmente condizente com o Mapa de Declividade e o Mapa de Feições do Terreno.

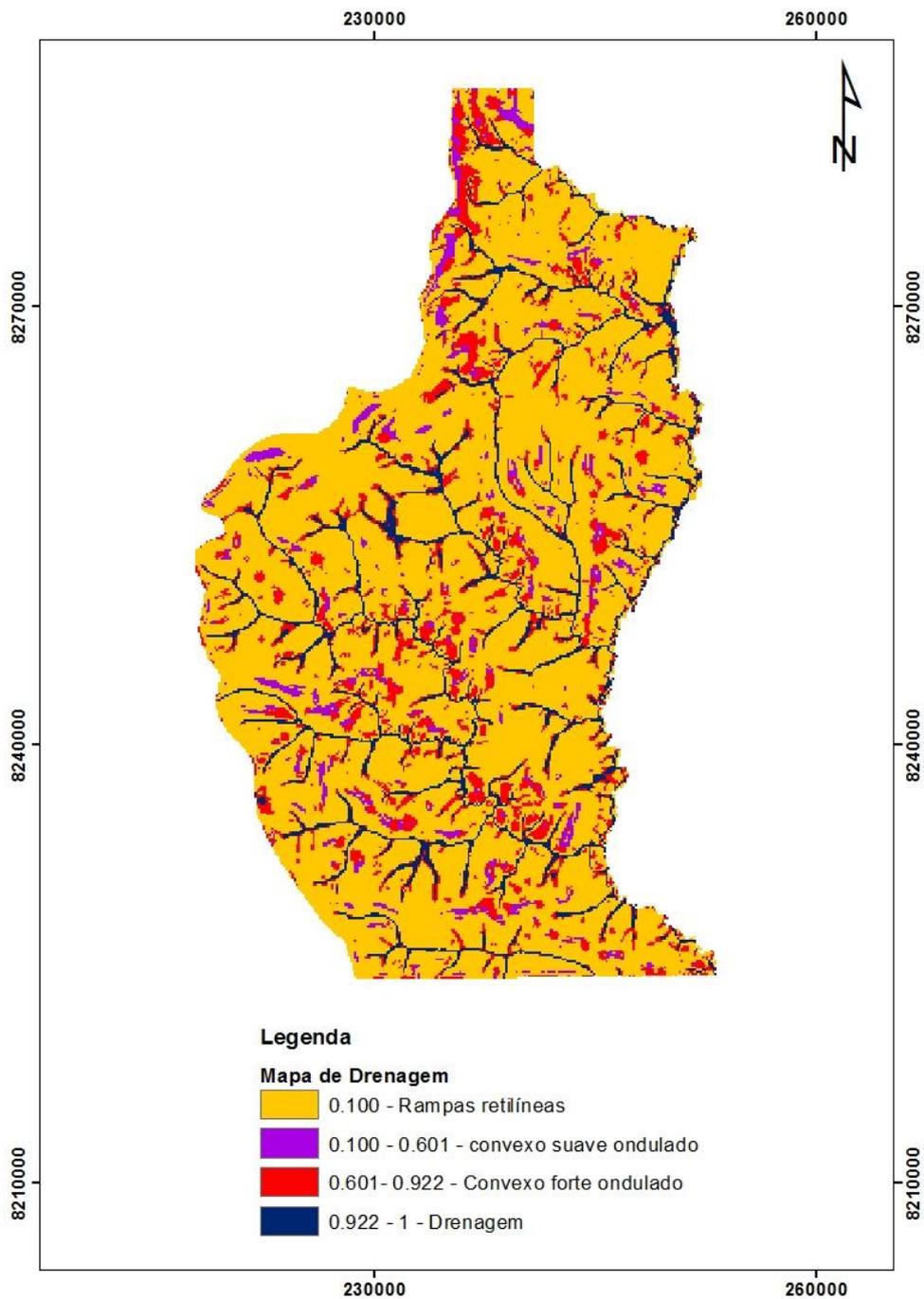


Figura 4. 2. Mapa de Drenagem da Bacia do Rio Preto, DF.

O mapa Alticlométrico (Figura 4.3), atendeu bem a identificação das feições de declividade, principalmente as declividades onduladas e forte

onduladas que ocorrem nas margens norte dos cursos d'água, bem como as encostas montanhosas e escarpadas marcadas pela presença de quartzito.

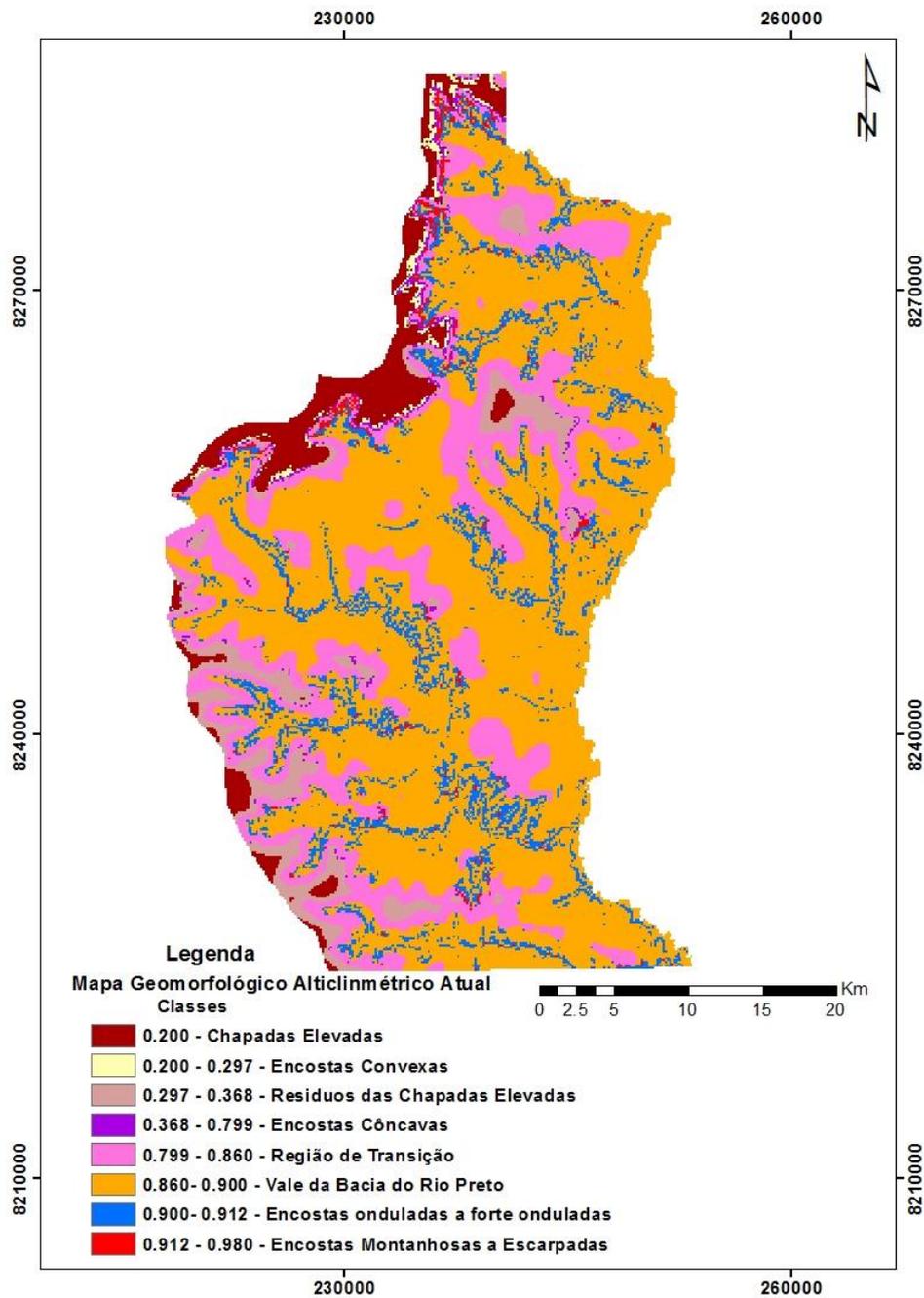


Figura 4. 3. Mapa Alticlínométrico da Bacia do Rio Preto, DF.

O Mapa de Feições Geomorfológicas Atuais da Bacia do Rio Preto no DF, apresentou feições representativas da evolução do relevo (Figura 4.4), com

morrotes residuais de Plintossolos Pétricos Concrecionários que se formaram na evolução geomorfológica das Chapadas Elevadas (Novaes Pinto, 1987, 1994).

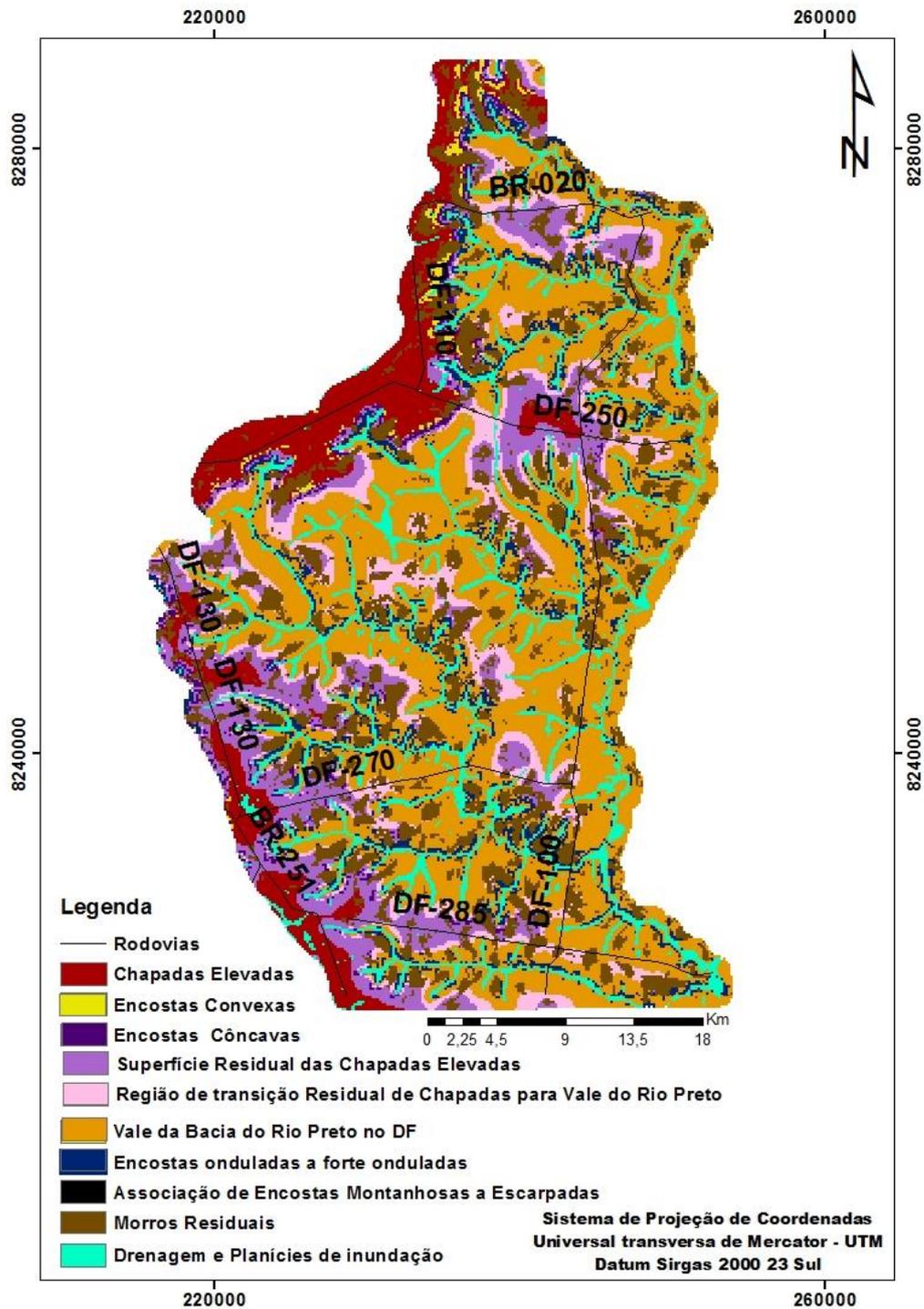


Figura 4. 4. Mapa de Feições Geomorfológicas Atuais da Bacia do Rio Preto no DF.

Estes Plintossolos Pétricos preservados pelos processos erosivos diferenciais e processos pedogenéticos impediram a formação de solos evoluídos em regiões de relevo favoráveis, com associação de Neossolos Regolíticos e local e esporadicamente Cambissolos. Em várias localidades verifica-se rochas pelíticas e psamíticas sobrepostas por estes Plintossolos Pétricos demonstrando o grande impedimento pedogenético que estes proporcionam. A presença destas classes de solo é explicada pelas feições do terreno, de acordo com Capoane et al. (2015) que relatam que em vertentes convexas, o fluxo acumulado de água é divergente e a área de contribuição específica tende a diminuir. Para vertentes côncavas, a área de contribuição específica tende a aumentar, dando origem a um aumento rápido do fluxo acumulado à jusante, definida como área de contribuição específica. Segundo Lin et al. (2006), essas condições de umidade, também, estão associadas à espessura dos solos, ao grau estrutural e à permeabilidade, auxiliando na predição da espessura do perfil.

Estes morrotes apresentam maiores dimensões a jusante da bacia e vai diminuindo a montante da Bacia do Rio Preto, DF, sempre ao longo dos divisores das drenagens perpendiculares ao leito do Rio Preto, formando uma Superfície Geomorfológica atípica no DF, com variação hipsométrica de 1.190 a 840 m, que foi denominada neste trabalho de Superfície Geomorfológica da Bacia do Rio Preto, DF.

Os Morros Residuais (Foto 4. 2) cobertos por Plintossolos Pétricos Concrecionários que preservam as bordas da Chapada Elevada, juntamente com afloramentos de quartzito, e na região do Vale da Bacia do Rio Preto, preservam as áreas com declividade mais acentuadas, que estão na margem

norte de quase todos os tributários desta bacia.

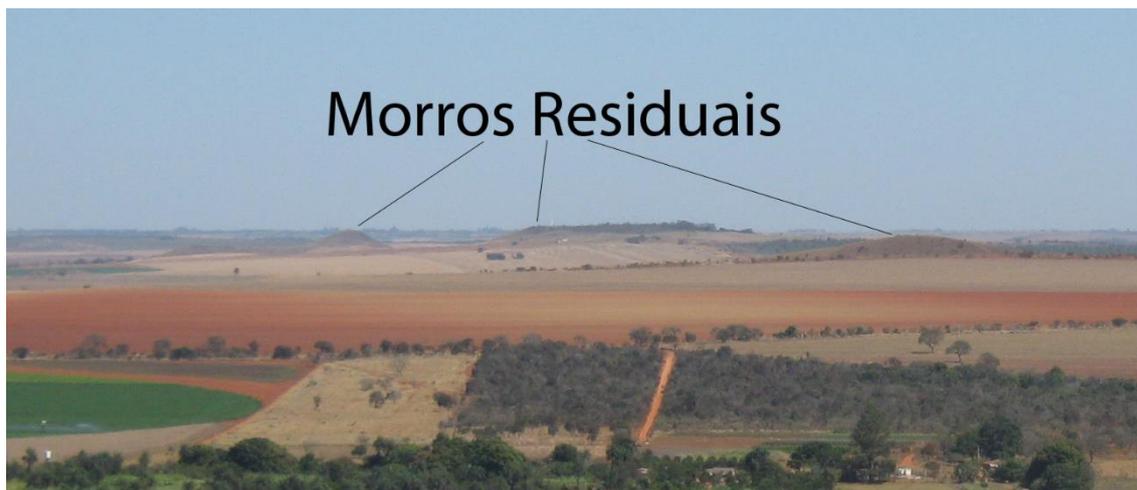


Foto 4. 2: Paisagem da bacia do rio Preto, vista de leste para oeste, à margem da DF-100, mostrando a distribuição dos morrotes residuais de Plintossolos Pétricos Concrecionários na Superfície Geomorfológica da Bacia do Rio Preto, DF.

Cerca de 38% das terras desta bacia tem feições de relevo plano e suave ondulado, isto sem contabilizar as regiões de chapadas elevadas, fato este que justifica esta região como a maior concentração da produção agropecuária do DF.

4. 4 CONCLUSÕES

1 - A evolução das feições geomorfológicas da região Leste do Distrito Federal, representada pela Bacia do Rio Preto no DF foi estabelecida, propondo-se neste trabalho uma superfície denominada de Superfície Geomorfológica da Bacia do Rio Preto, DF.

2 - Esta Superfície Geomofológica apresentou-se atípica em relações às demais descritas no Distrito Federal, com evolução ainda ativa, evoluindo-se a partir da Primeira Superfície Geomorfológica – Chapadas Elevadas, pelos processos erosivos diferenciais e processos pedogenéticos.

3 - A ocorrência de Plintossolos Pétricos Concrecionários formados na Primeira Superfície apresenta ocorrência marcante nesta superfície, mostrando-se, ainda preservados em morrotes residuais, resistindo aos processos erosivos e pedogenéticos.

4 - A preservação dos Plintossolos Pétricos Concrecionários nesta superfície é responsável pela grande ocorrência de solos muito jovens em locais onde o relevo proporciona o desenvolvimento de solos evoluídos.

4. 5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AB'SABER, A. N. (1969). -Um conceito de geomorfologia a serviço das pesquisas sobre o quaternário. *Geomorfologia*. São Paulo. Instituto de Geografia USP, (19):1-23.

BARBOSA, I.O. **Distribuição dos solos nas Chapadas Elevadas do Distrito Federal, com emprego de geoprocessamento. Brasília**, Universidade de Brasília, 2007. 125p. (Tese de Mestrado).

BARBOSA, I. O., LACERDA, M. P. C., BILICH, M. R., Relações pedomorfogeológicas nas chapadas elevadas do Distrito Federal. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, 33:1373-1383, 2009.

BARBOSA, I.O. **Modelo de depósito do complexo máfico-ultramáfico de Niquelândia, GO, com base em dados multitemáticos**. Universidade de Brasília, 2012. 97p. (Tese de Doutorado).

BELCHER J. (1954) *O relatório técnico sobre a nova capital - Relatório Belcher*, reedição CODEPLAN 1954, Brasília, 316 p.

BELLINASO, H., DEMATTÊ, J. A. M. & ROMEIRO, S. A. SOIL SPECTRAL LIBRARY AND ITS USE IN SOIL CLASSIFICATION. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, 34:861-870, 2010.

Braun, O. P. G. Contribuição a Geomorfologia do Brasil Central. **Revista Brasileira de Geografia**, Rio de Janeiro, v. 32, n. 3, p. 3-39. out./dez. 1971

BÖHNER, J. & T. SELIGE; Spatial prediction of soil attributes using terrain analysis and climate regionalisation. – – In: BÖHNER, J. MCCLOY K.R. & J. STROBL (Eds.): **Göttinger Geographische Abhandlungen** 115: 13-28, 118-120. 2006.

.CAMPOS, M. C. C., RIBEIRO M. R., SOUZA JÚNIOR, V. S. DE , RIBEIRO FILHO M. R. & ALMEIDA, M. DA C. DE. Relações Solo-Superfície Geomórfica em uma Topossequência Várzea-Terra Firme na Região de Humaitá (AM) **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, 36:325-336, 2012.

CAPOANE, V.; TIECHER, T.; ALVAREZ, J. W. R. R.; P. A.; SCHAEFER, G. L.; SANTOS, L. J. C.; SANTOS, D. R. DOS. Influência da resolução do modelo digital de elevação na determinação do Índice Topográfico de Umidade e na capacidade de predição dos teores de carbono orgânico no solo. **Geo UERJ**, Rio de Janeiro, n. 27, 2015, p. 144-155

CARVALHO, C. C. N., ROCHA, W. F., & UCHA, J. M. Mapa digital de solos: Uma proposta metodológica usando inferência fuzzy. **R. Bras. Eng. Agríc. Ambiental**, v.13, n.1, p.46–55, 2009.

CARVALHO JUNIOR, W.DE, SCHAEFER, C. E. G.R., CHAGAS, C. DA S. (2) & FERNANDES FILHO E. I. Análise Multivariada de Argissolos da Faixa Atlântica Brasileira. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, 32:2081-2090, 2008.

CHAGAS, C.DA S., FERNANDES FILHO, E. I., BHERING, S. B. Relações entre Atributos do Terreno, Material de Origem e Solos em uma Área no nordeste do Estado do Rio de Janeiro . **Soc. & Nat.**, Uberlândia, 25 (1): 147-162, jan/abr/2013

Chang, K., Tsai, B., 1991. The effect of DEM resolution on slope and aspect mapping. *Cartography and Geographic Information Systems* 18, 69–77.

CODEPLAN/SICAD. Folhas topográficas escala 10.000. **Sistema SICAD de mapeamento do Distrito Federal**. Brasília, CODEPLAN, 1991.

DARDENNE M.A., Síntese sobre a estratigrafia do Grupo Bambuí no Brasil Central. In: SBG, **Congr. Bras. Geol. Anais**, 2: 597- 610., 30. Recife, 1978.

DEMATTÊ, J. A. M. , TOLEDO, A. M. A. & SIMÕES, M. S. Metodologia para reconhecimento de três solos por sensores: laboratorial e orbital. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, 28:877-889, 2004.

DOBOS, E.; MICHELI, E.; BAUMGARDNER, M. F.; BIEHL, L.; HELT, T. Use of combined digital elevation model and satellite data for regional soil mapping. **Geoderma**, v.97, p.367-391, 2000.

EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solo. **Levantamento e Reconhecimento dos solos do Distrito Federal**. Rio de Janeiro, Embrapa-SNLCS. 1978. 455p. (Embrapa-SNLCS. Boletim técnico, 53).

EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Manual de métodos de análise de solos**. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 1997. 247p.

EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 3.ed. Brasília, 2013. 353p.

ENZWEILER, J. **Espectrometria de Fluorescência de Raios-X**. UNICAMP – IGE, 2010. Disponível em:<<http://www.ige.unicamp.br/site/aulas/9/FRX-texto.pdf>>. Acesso em 20/01/2015.

FREITAS-SILVA, F. H.; CAMPOS, J. E. G. Geologia do Distrito Federal. In: CAMPOS, J. E. G.; FREITAS-SILVA, F. H., coords. **Inventário hidrogeológico e dos recursos hídricos superficiais do Distrito Federal**. Brasília, SEMATECIEMA-MMA-SRH, 1998.CD-ROM.

FIGUEIREDO, S. R., GIASSON E., TORNQUIST C. G. & NASCIMENTO P. C. Uso de Regressão Logística Multipla Para Mapeamento Digital de Solo no

Planalto Médio do RS. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, 32:2779-2785, 2008, Número Especial.

FLORINSKY I. V. The Dokuchaev Hypothesis as a Basis for Predictive Digital Soil Mapping (On the 125th Anniversary of Its Publication). **EURASIAN SOIL SCIENCE** Vol. 45 No. 4 2012

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 & Sons, 2000. p.51-85.

GUIMARÃES, R. F. Utilização de um Modelo de Predição de Áreas Susceptíveis à Escorregamentos Rasos com Controle Topográfico: Adequação e Calibração em Duas Bacias de Drenagem. 2000. 156 p. Tese (Doutorado), Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro.

HARTEMINK, A. E., LOWERY, B., WACKER C., Soil maps of Wisconsin. **Geoderma** 189–190 (2012) 451–461.

HALL, G. F. & OLSON, C. G. Predicting variability of soils from landscape models. In: MAUSBACH, M. J. & WILDING, L. P. (Eds.). *Spatial variabilities of soils and landforms*. Madison, Wisconsin: **Soil Science Society of America**, 1991. p.9-24. (SSSA Special Publication; nº 28).

HUGUES, R. E.; MOORE, D. M.; GLASS, H. D. Qualitative and quantitative analysis of clay minerals in soil. **Science Society of America**, Madison, wis, p.330-359, 1994.

IPPOLITI, R. G. A.; COSTA, L. M.; SCHAEFER, C. E. G. R.; FERNANDES FILHO, E. I. & GAGGERO, M. R. Análise digital do terreno: ferramenta na identificação de pedoformas em microbacia na região de “Mar de Morros” (MG). **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.29, p.269-276, 2005.

- JENNY, HANS. **FACTORS OF SOIL FORMATION**. A System of Quantitative Pedology, DOVER PUBLICATIONS, INC. New York, 1941.
- KING, L. C. A geomorfologia do Brasil Central. **Revista Brasileira de Geografia**, v. 18, n. 2, p. 147–265, 1956.
- LACERDA, M. P. C. & BARBOSA, I. O. Relações Pedomorfogeológicas e Distribuição de Pedoformas na Estação Ecológica de Águas Emendadas, Distrito Federal. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, 36:709-721, 2012.
- LIN, W.; CHOU, W.; C.; HUANG, P.; TSAI, J. Automated suitable drainage network extraction from digital elevation models in Taiwan's upstream watersheds. **Hydrological Processes**, v. 20, p. 289–306, 2006.
- MARTINS, E.S. & BAPTISTA, G.M.M. Compartimentação geomorfológica e sistemas morfodinâmicos do Distrito Federal. In: CAMPOS, J.E.G. & FREITAS-SILVA, F.H., coords. Inventário hidrogeológico e dos recursos hídricos superficiais do Distrito Federal. Brasília, /SEMATEC: IEMA: MMA-SRH, 1998. CD ROM.
- MARTINS, E. S.; REATTO, A.; CARVALHO JR, O. A.; GUIMARÃES, R. F. **Evolução Geomorfológica do Distrito Federal**. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2004. 57 p. – Documentos/Embrapa Cerrados, ISSN 1517-5111; n. 122.
- McBRATNEY, A. B.; ODEH, I. O. A.; BISHOP, T. F. A.; DUNBAR, M. S.; SHATAR, T. M. An overview of pedometric techniques for use in soil survey. **Geoderma**, Amsterdam, v. 97, n. 3-4, p. 293-327, 2000.
- McBRATNEY, A. B.; SANTOS, M. L. M.; MINASNY, B. On digital soil mapping. **Geoderma**, v. 117, p. 3-52, 2003.

MELO, V. F. e WYPYCH, F. Caulinita e Haloisita. In: MELO, V. F. e ALLEONI, L. R. F., eds. **Química e Mineralogia do Solo**: Conceitos básicos. Viçosa, MG. SBCS. Parte I. p.427- 504. 2009.

MELO JÚNIOR, A. S. **Análise quantitativa do material particulado na região de Campinas através das técnicas de microfluorescência de raios-X e reflexão total usando radiação síncrotron**. Unicamp: Campinas, São Paulo, 2007. Tese (Doutorado).

MOTTA, P.E.F.; CARVALHO FILHO, A.; KER, J.C. & PEREIRA, N.R. Relações solo-superfície geomórfica e evolução da paisagem em uma área do planalto central brasileiro. **Pesq. Agropec. Bras.**, 37:869-878, 2002.

NOGUEIRA, J. D. DE L.; AMARAL, R. F. DO. Comparação entre os métodos de interpolação (Krigagem e *Topo to Raster*) na elaboração da batimetria na área da folha Touros - RN Anais XIV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, Natal, Brasil, 25-30 abril 2009, INPE, p. 4117-4123

NOVAES FILHO, J. P., COUTO, E. G., OLIVEIRA, V. A. DE, JOHNSON, M. S., LEHMANN J. & RIHA, S. S. Variabilidade espacial de atributos físicos de solo usada na identificação de classes pedológicas de microbacias na amazônia meridional. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, 31:91-100, 2007.

NOVAES PINTO M. Superfícies de aplainamento do Distrito Federal, *Rev. Bras. Geogr.*, **49**:09-27. (1987).

NOVAES PINTO M. Caracterização geomorfológica do Distrito Federal. In: M. Novaes Pinto (org.) **Cerrado: caracterização, ocupação e perspectivas**. Brasília. Editora UnB. 2a ed. p. 285-320. 1994.

ODEH, I. O. A.; McBRATNEY, A. B.; CHITTLEBOROUGH, D. J. Design of optimal sample spacings for mapping soil using fuzzy-k-means and regionalized variable theory. **Geoderma**, Amsterdam, v. 47, p. 93-122, 1990.

Pei, T.; Qin, C.; Zhu, A.; Yang, L.; Luo, M.; Li, B.; Zhou, C. Mapping soil organic matter using the topographic wetness index: A comparative study based on different ow-direction algorithms and kriging methods. *Ecological Indicators*, v.10, p.610-619, 2010.

PENTEADO, M.M. Tipos de concreções ferruginosas nos compartimentos geomorfológicos do Planalto de Brasília. *Notas Geomorfol.*,16:39-53, 1976.

PENTEADO-ORELHANA, M. M. Metodologia Integrada no Estudo do Meio Ambiente. *Geografia*, Rio Claro, v. 10, n.20, out. 1985. p. 125-148.

PHILLIPS, D. H. et al. Soil-landscape relationships at the lower reaches of a watershed at Bear Creek near Oak Ridge, Tennessee. *Catena*, v.44, p.205-222, 2001.

RADAMBRASIL - *Levantamentos de recursos naturais, Folha SD. 23 - Brasília*, Ministério de Minas e Energia - Secretaria Geral, **vol. 19**. 1984.

REATTO, A.; CORREIA J. R.; SPERA, S. T.; CHAGAS, C. DA S.; MARTINS, É. DE S.; ANDAHUR, J. P.; GODOY M. J. S.; ASSAD, M. L. C. L. Levantamento Semidetalhado dos Solos da bacia do Rio Jardim-Df, escala 1:50.000. **Boletim de pesquisa** - Embrapa Cerrados Planaltina n. 18 p.1-63 setembro. 2000.

REATTO, A., MARTINS, E. S., FARIAS, M. F., DA SILVA, A. V., SPERA, S. T.. Levantamento de Reconhecimento de Alta Intensidade dos Solos da APA de Cafuringa-DF, escala 1:100.000. **Boletim de Desenvolvimento de Pesquisa 47**, Embrapa Cerrados, dezembro de 2002.

RESENDE, M.; CURI, N.; REZENDE, S.B. & CORRÊA, G.F. **Pedologia: Base para distinção de ambientes**. 5.ed. Lavras, Universidade Federal de Lavras, 2007. 322p.

SANTOS, R. D.; LEMOS, R. C.; SANTOS, H. G.; KER, J. C.; ANJOS, L. H. C. **Manual de descrição e coleta de solo no campo**. 5ª ed. Viçosa, MG, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2013. 100p.

THOMPSON, J.A., BELL, J.C., BUTLER, C.A., 2001. DEM resolution: effects on terrain attribute calculation and quantitative soil-landscape modeling. *Geoderma* 100, 67–89.

Trentin, R, Santos, L. J. C., Robaina L. E. de S. Compartimentação geomorfológica da bacia hidrográfica do rio Itu – Oeste do Rio Grande do Sul . *Soc. & Nat.*, Uberlândia, ano 24 n. 1, 127-142, jan/abr. 2012.

WILSON, J.P, REPETTO, P.L., SNYDER, R.D., 2000. Effect of data source, grid resolution, and flow routing method on computed topographic attributes. In: Wilson, J.P., Gallant, J.C. (Eds.), *Terrain Analysis: Principles and Applications*. John Wiley & Sons, New York, pp. 133–161.

ZHU, A.X.; YANG, L.; LI, B.; QIN, C.; PEI, T.; LIU, B. Construction of membership functions for predictive soil mapping under fuzzy logic. ***Geoderma***, v.155, p.164-174, 2010.

CAPITULO 5 - MAPEAMENTO DIGITAL DE SOLOS DA MICROBACIA DO RIO JARDIM, DF

RESUMO

O mapeamento digital de solos (MDS), utiliza-se de informações advindas de levantamentos de solo convencionais, aliando o conhecimento do profissional e informações coletadas, às ferramentas computacionais, procurando proporcionar mapas mais precisos, em tempo mais ágil e menos onerosos. Com o intuito de produzir mapa com precisão adequada, selecionou-se quatro topossequências na microbacia do rio Jardim, Distrito Federal, levantando informações sobre as classes de solo e relações pedogeomorfológicas, para estabelecer parâmetros morfométricos para subsidiar o MDS da microbacia. Foram utilizados os parâmetros: Curvatura Longitudinal, Curvatura Seccional Cruzada, Textura, Fator entre Comprimento de rampa e Inclinação e Índice Topográfico de Umidade, que foram combinados e cruzados através da lógica *Fuzzy*, produzindo um mapa de distribuição de classes de solo. Os Latossolos Vermelhos ocupam a maior parte da área, sendo distribuído em relevo plano a ondulado. Nas áreas mais declivosas estão os Plintossolos Pétricos associados aos Neossolos Regolíticos sempre relacionados aos morros residuais. Os Latossolos Vermelhos Amarelos encontram-se circundando os Plintossolo Pétricos, ou próximos a rede de drenagem em rampa planas ou suave onduladas, com solos Hidromórficos localizados próximos aos cursos d'água. O MDS mostrou com fidedignidade a realidade de campo com índice Kappa de 0,60, mostrando desempenho muito bom.

Palavras chaves: pedomorfogeológica, lógica *Fuzzy*, parâmetros morfométricos

5.1 INTRODUÇÃO

O solo é um recurso fundamental para satisfazer às necessidades de alimentos, forragens, fibras e energia da população humana em constante crescimento. No entanto existe a necessidade de se ter uma produção sustentável, pois o solo é finito e não se consegue revigorá-lo de maneira simples, é um processo oneroso em recursos e tempo, para tanto é necessário o conhecimento profundo de suas características e propriedades, que também tem alto custo.

Levantamentos e mapeamentos de solos representam uma fonte obrigatória de informações para os planejamentos do uso das terras (SANTOS *et al.*, 2015). No entanto, mapeamentos de solos em escalas mais detalhadas são mundialmente escassos, principalmente nos países em desenvolvimento, devido a morosidade com que são produzidos e as despesas exigidas pelas técnicas convencionais de levantamento e mapeamento de solos. Além disso, mapas de solo analógicos obtidos a partir desses procedimentos não conseguem explicitar muitos dos elementos que podem estar interagindo com o solo (TEN CATEN *et al.*, 2012).

O panorama atual acerca do mapeamento de solos do Brasil expõe a carência de mapeamentos mais detalhados, de maneira que os estados brasileiros contam, na sua maioria, com mapas de reconhecimentos de solos com escalas de cerca de 1:500.000, como os mapas de Zoneamento Agroecológico e de Aptidão Agrícola; ou exploratórios, com escalas cartográficas menores ou iguais a 1:1.000.000, originados pelo Projeto RADAMBRASIL (BRASIL, 1973-1986). Dessa forma, poucas porções do território brasileiro

apresentam mapas semidetalhados, com escalas maiores que 1:100.000, e detalhados, maiores que 1:20.000 (MENDONÇA-SANTOS; SANTOS, 2006).

Para superar essas limitações, a associação de técnicas tradicionais de levantamentos pedológicos com as novas tecnologias de Mapeamento Digital de Solos (MDS) podem otimizar o processo global de mapeamento, tornando o processo mais quantitativo e possibilitando menor número de análises laboratoriais (LAGACHERIE e McBRATNEY, 2007). Porém, há a necessidade de que os solos estejam descritos em um sistema de classificação oficial para que possam ser reconhecidos por toda a comunidade, sendo ela científica ou não. Os critérios utilizados para a classificação dos solos estão relacionados às características e propriedades morfológicas, físicas, químicas e mineralógicas, consideradas importantes para a interpretação de seu uso agrícola e não agrícola (Embrapa, 2014).

Assim o objetivo deste trabalho foi o mapeamento digital dos solos da bacia do rio Jardim, do Distrito Federal, por meio de técnicas computacionais, com intuito de subsidiar dados de planejamento, gestão e monitoramento do uso das terras no Distrito Federal.

5.2 MATERIAL E MÉTODOS

5.2.1 Localização da Área

A área selecionada para o estudo foi a bacia do Rio Jardim, DF, considerada representativa da distribuição dos solos da porção lestes do DF, na bacia hidrográfica do Rio Preto no DF, com extensão territorial de 52.952 ha (Figura 5.1).

Constitui uma área agrícola responsável pela grande produção agropecuária do DF, constituindo a principal área cultivada por grãos (milho, soja, trigo e feijão), parte das hortaliças e das frutas, além de grande quantidade de carne bovina e frango e leite (Dolabella, 1996, Emater, 2009). Preto, DF

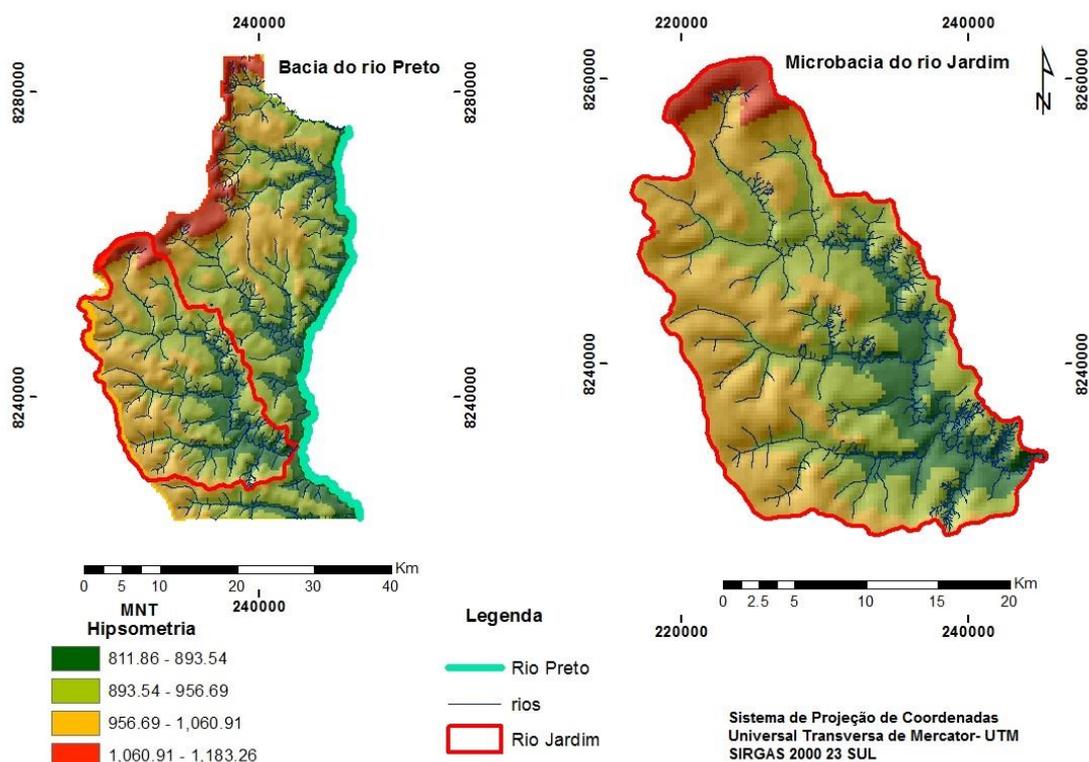


Figura 5. 1. Mapa de localização da área de estudo da microbacia do rio Jardim, representativa da bacia hidrográfica do Rio Preto no Distrito Federal

5. 2 .2 Relações Pedomorfogeológicas e Feições Geomorfológicas Atuais

Para o estabelecimento da distribuição dos solos na paisagem, foram realizadas quatro toposequências, totalizando 38 perfis de solos caracterizados morfológica, física e quimicamente segundo Santos et al. (2013) e classificados no Sistema Brasileiro de Classificação dos Solos (Embrapa, 2014). Estas toposequências foram consideradas representativas da distribuição dos solos

em relação às feições morfométricas do terreno, permitindo o estabelecimento das relações pedomorfogeológicas da área de estudo, que representa o modelo de distribuição dos solos da área estudada, apresentado na tabela 3.5 (do Cap. 3)

Foi, também, realizado um estudo detalhado da evolução da superfície geomorfológica onde a área de estudo se situa em relação às demais superfícies geomorfológicas descritas no DF (Penteado, 1979; Novaes Pinto, 1987; 1994; Martins e Baptista, 1998). Foi avaliada a evolução das feições geomorfológicas da região de estudo, em desenvolvimento, que encontram-se diretamente relacionadas com o desenvolvimento das classes de solos, ambas controladas pelo material geológico-pedológico.

5. 2. 3 Mapeamento digital dos solos da Bacia do Rio Jardim, DF por meio de Lógica Fuzzy

Para a elaboração do Mapa Digital de Solos da Bacia do Rio Jardim, DF, foi utilizada a lógica *fuzzy*, por meio do programa ArcGIS. Foi selecionada esta metodologia pois os conjuntos *fuzzy* são caracterizados pela função de pertinência (característica), onde um indivíduo pode pertencer totalmente, parcialmente ou não pertencer a determinada classe, sendo que esse grau de pertinência pode variar de zero a um (Zadeh, 1965; Mendonça-Santos e Santos, 2003), demonstrando que essa caracterização de classes estabelecida pelos conjuntos *fuzzy* não possuem limites rígidos (bordas).

Com a utilização das ferramentas *Reclassify* e *Raster Calculator* do programa ArcGIS (ESRI, 2013), as classes dos mapas gerados foram

reclassificadas com a determinação dos graus de pertinência (no intervalo de 0 a 1).

5. 2. 4 Base de Dados

Foram adquiridos materiais secundários tais como cartas de curvas de nível, hidrografia e altimetria em escala 1:10000, extraídos da base planialtimétrica da CODEPLAN (CODEPLAN/SICAD,1991), e mapas temáticos como geologia (Freitas-Silva e Campos, 1998), solos (Embrapa, 1978; Reatto et al., 2000) e geomorfologia (Novaes Pinto, 1987; 1994), em escala de 1:100.000.

Com as cartas de curvas de nível, pontos cotados, hidrografia em escala de 1:10000 (CODEPLAN/SICAD,1991), foi gerado o Modelo Numérico do Terreno (MNT), no programa *ArcGIS*, utilizando a ferramenta *ArcToolbox*, *Spatyal Analyst*, *Tools*, *Interpolation*, gerando um MNT com pixels com 50 metros.

Para a geração dos mapas de *Topograph Wetness Index* (Índice Topográfico de Umidade, TWI), *Textura*, *Wetness Index* (Índice de Umidade, WI), *Cross-Section Curvature* (Curvatura Seccional Cruzada, CSC), *LS Factor* (Comprimento da Inclinação) e *Texture* (Textura) no programa *System for Automated Geoscientific Analyses Geographic Information System* (SAGA GIS), o MNT utilizado foi com dimensões dos pixels de 50 metros, que melhor representou as feições dos mapas gerados. Para a geração destes mapas do SAGA GIS, os mesmos O MNT foi convertido para o formato *ASCII*, e exportado para o

Posteriormente os mapas gerados foram reclassificados com a ferramenta *Spatial Analyst Tools*, *Reclass*, *Reclassify*, de acordo com a influência

pedomorfogeológica das classes dos mesmos, sendo reclassificadas com peso de 0 a 1, de acordo com a representatividade das classes destes mapas em consonância com o modelo de distribuição de classes de solos elaborada.

Após a reclassificação dos mapas de atributos e feições de relevo, os mapas foram reclassificados em potência de base 2, método utilizado por Nolasco et al. (2009), esse procedimento auxilia na identificação das classes de solo.

Para determinar as classes de Organossolos e Gleissolos, em função da dificuldade de individualização destas classes de solos, na resolução deste trabalho, os mesmos foram associados em uma unidade de mapeamento denominada Associação de Solos Hidromórficos. Foram utilizados os mapas de Curvatura Seccional Cruzada (CSC) e Índice de Umidade, (WI) cujos pesos adotados encontram-se na tabela 5. 1.

Tabela 5. 1: Reclassificação dos mapas de Índice de Umidade - WI e Curvatura Seccional Cruzada (CSC) e seus respectivos pesos usados na geração do Mapa de Associação de Solos Hidromórficos da Microbacia do Rio Jardim, DF.

WI ¹		CSC ³	
Classes ²	Pesos	Classes ⁴	Pesos
b. u.	0,1	côncavo	0,3
u. i.	0,3	trans. cv. ret.	0,2
a. u.	0,9	retilíneo	0,1
		trans. ret. cx.	0,4
		convexo	0,5

(¹)Índice de Umidade, (²) b. u., baixa umidade: u. i., umidade intermediária, a. u, alta umidade, (³) Curvatura Seccional Cruzada, (⁴) trans. cv. ret, transição de perfil côncavo para retilíneo, trans. ret. cx, transição de perfil retilíneo para convexo.

Segundo Günther (2012) WI calcula um índice de umidade topográfica (TWI) com modificações propostas por Montgomery & Dietrich (1994), que pode

ser usado para estimar o grau de saturação de materiais não consolidados e permeáveis, pois considera a condutividade hidráulica como constante em um manto do solo que cobre uma rocha relativamente impermeável, em contraste com o TWI comum é baseado em modelo que utiliza apenas parâmetros topográficos (TOPMODEL) (Beven e Kirkby, 1979), além de utilizar o seno da inclinação, em vez de tangente, que foi proposto por Montgomery & Dietrich (1994) como sendo mais coerente e significativo para as encostas mais íngremes que aumentam os deslizamentos de terra.

Para a gerar o mapa de distribuição dos Plintossolos Pétricos Concrecionários de ocorrência em morrotes residuais, utilizou-se os mapas de Índice Topográfico de Umidade (TWI) e Curvatura Seccional Cruzada (CSC), com os valores dos pesos mais altos para as regiões de menor acúmulo de umidade, pois este mapa caracteriza solos pouco evoluídos que se encontram em relevo ondulado a forte ondulado e em feições convexas (Tabela 5. 2).

Tabela 5. 2: Reclassificação dos mapas de Índice Topográfico de Umidade - TWI e Curvatura Seccional Cruzada - CSC e respectivos pesos para a geração do Mapa Distribuição de Morrotes de Plintossolos Pétricos na Microbacia do Rio Jardim, DF.

TWI ¹	Peso	CSC ³	Peso
Classes ²		Classes ⁴	
b. u.	0,65	côncavo	0
u. i..	0	trans. cv.	0
a. u.	0	retilíneo	0
		trans. ret.	0,9
		convexo	0,9

(¹)Índice Topográfico de Umidade, (²b. u., baixa umidade: u. i., umidade intermediária, a. u, alta umidade, (³) Curvatura Seccional Cruzada, (⁴)trans. cv. ret, transição de perfil côncavo para retilíneo, trans. ret. cx, transição de perfil retilíneo para convexo.

Como os Neossolos Regolíticos ocorrem associados aos Plintossolos Pétricos Concrecionários, para gerar a individualização da distribuição dos Neossolos Regolíticos foram usados três mapas, Índice Topográfico de Umidade - TWI e Curvatura Seccional Cruzada - CSC e Textura (Tabela 5. 3).

Textura superficial do terreno proposta por Iwahashi e Pike (2007) para classificação subsequente do terreno, Segundo os autores, o parâmetro enfatiza a expressão fina versus grossa de espaçamento topográfico. A textura é calculada pela extração de células da grade, que descrevem a distribuição de vales e cumes.

Tabela 5. 3. Reclassificação dos mapas de Índice Topográfico de Umidade - TWI e LSFator- LSF e Textura, respectivos pesos para a geração do Mapa Distribuição de Neossolos Regolíticos e solos associados na Microbacia do Rio Jardim, DF.

TWI ¹		LSF ³		Textura	
Classe ²	Peso	Classe ⁴	Peso	Classe	Peso
b. a. u.	0,8	côncavo	0,1	homogênea	0
a. u. i..	0,2	trans. cv.	0,1	homogênea	0
a. a. u.	0,1	retilíneo	0,1	heterogênea	0,45
		trans. ret.	0,8	heterogênea	0,45
		convexo	0,8	Intens.	0

⁽¹⁾Índice Topográfico de Umidade, ⁽²⁾ b. u., baixa umidade: a. u. i., umidade intermediária, a. u, alta umidade, ⁽³⁾ Curvatura Seccional Cruzada, ⁽⁴⁾ trans. cv. ret, transição de perfil côncavo para retilíneo, trans. ret. cx, transição de perfil retilíneo para convexo.

Para a identificação de Latossolos Vermelhos utilizou-se os mapas de *Longitudinal Curvature* - LC e LSFator – LSF, com a classificação exposta na tabela 5. 4.

Tabela 5. 4. Reclassificação dos mapas de Longitudinal Curvature (LC) e LSFactor (LSF), e respectivos pesos para a geração do Mapa Distribuição da Classe de solo Latossolo Vermelho na Microbacia do Rio Jardim, DF.

LC ¹		LSF ³	
Classe ²	Peso	Classe ⁴	Peso
côncavo	0	0 – 0,4	0,7
Cont. Tabela 5. 4.			
trans. cv. p. ret.	0	0,4 – 1,1	0,7
retilíneo	0,4	1,1 – 2,1	0
trans. ret. p. cx.	0,5	2,1 – 4,7	0
convexo	0	4,7 – 19,6	0

(¹) Curvatura Longitudinal, (²) trans. cv. Ret, transição de perfil côncavo para retilíneo, trans. ret. cx, transição de perfil retilíneo para convexo. (³) Fator de comprimento da inclinação, (⁴) LSF tem valor adimensional.

Para gerar o mapa de Latossolos Vermelho-Amarelos utilizou-se os mapas de *Longitudinal Curvature* - LC e LSFactor - LSF, devido a distribuição dessa classe de solo, que dependeu da sua posição no relevo e feições geomorfológicas, foi necessário gerar dois mapas, utilizando pesos compatíveis com esta classe de solo e sua posição do relevo, de acordo com os dados apresentados na tabela 5. 5 para LVA1 e tabela 5. 6 para LVA2.

Tabela 5. 5. Reclassificação dos mapas de Longitudinal Curvature (LC) e LSFactor (LSF), e respectivos pesos para a geração do Mapa Distribuição da Classe de solo Latossolo Vermelho Amarelo (LVA1) na Microbacia do Rio Jardim, DF.

LC ¹		LSF ³	
Classe ²	Peso	Classe ⁴	Peso
côncavo	0	0 – 0,4	0,6
trans. cv. p. ret.	0	0,4 – 1,1	0
retilíneo	0,4	1,1 – 2,1	0
trans. ret. p. cx.	0	2,1 – 4,7	0
convexo	0	4,7 – 19,6	0

(¹)Curvatura Longitudinal, (²) trans. cv. Ret, transição de perfil côncavo para retilíneo, trans. ret. cx, transição de perfil retilíneo para convexo. (³) Fator de comprimento da inclinação, (⁴) LSF tem valor adimensional.

Tabela 5. 6. Reclassificação dos mapas de Longitudinal Curvature (LC) e LSFactor (LSF), e respectivos pesos para a geração do Mapa Distribuição da Classe de solo Latossolo Vermelho Amarelo (LVA2) na Microbacia do Rio Jardim, DF.

LC ¹		LSF ³	
Classe ²	Peso	Classe ⁴	Peso
côncavo	0	0 – 0,4	0,6
trans. cv. p. ret.	0	0,4 – 1,1	0
retilíneo	0	1,1 – 2,1	0
trans. ret. p. cx.	0,7	2,1 – 4,7	0
convexo	0	4,7 – 19,6	0

⁽¹⁾Curvatura Longitudinal, ⁽²⁾ trans. cv. Ret, transição de perfil côncavo para retilíneo, trans. ret. cx, transição de perfil retilíneo para convexo. ⁽³⁾ Fator de comprimento da inclinação. ⁽⁴⁾ LSF tem valor adimensional.

Depois de gerados os mapas de distribuição das classes de solos, os mesmos foram reclassificados para serem somados, sendo que foram somados em dois blocos, devido ao grande número de classes e suas variáveis no relevo. Os mapas foram somados conforme organograma da figura 5. 2, para obtenção dos FF mais LVA, pois são solos que coexistem em associação.

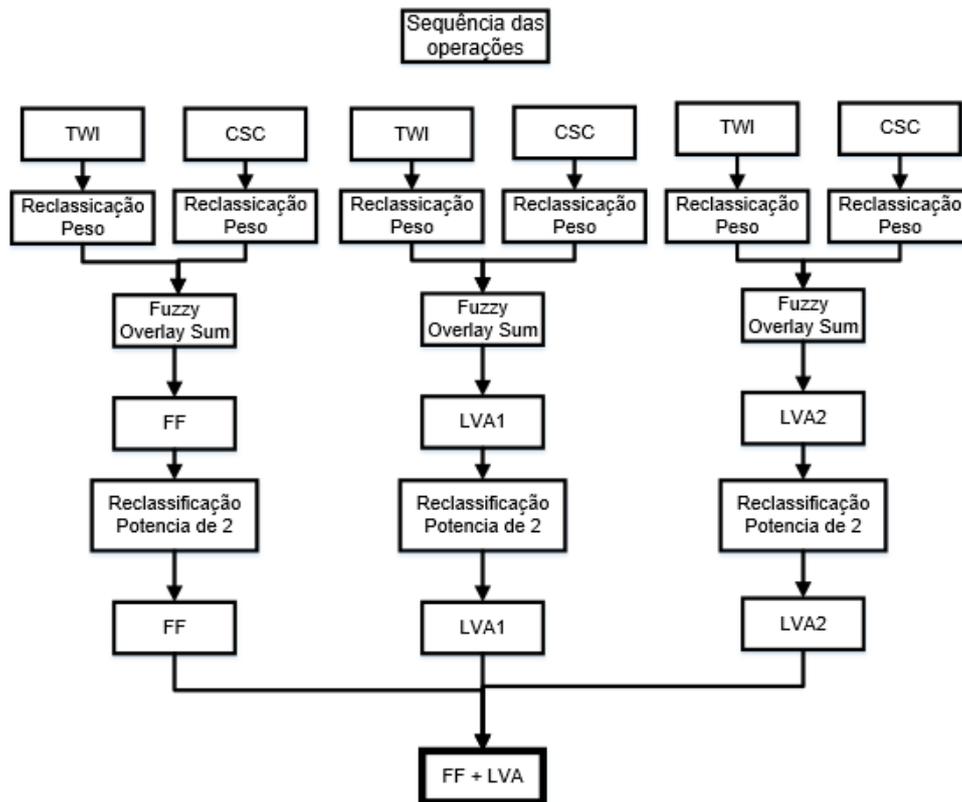


Figura 5. 2. Organograma das operações para gerar mapas de classes de solos, Plintossolo Pétrico (FF) e Latossolos Vermelho Amarelo 1 e 2 (LVA1 e LVA2).

Para se delimitar melhor as classes de solo, foi necessário gerar mapas com mais de uma classe, de maneira que não viessem a ficar lacunas vazias nos mapas, o que levaria a produção de unidades não mapeadas. De igual modo se fez necessário gerar um mapa para a classe Latossolo Vermelho com associação com Latossolo Vermelho Amarelo (Figura 5. 3).

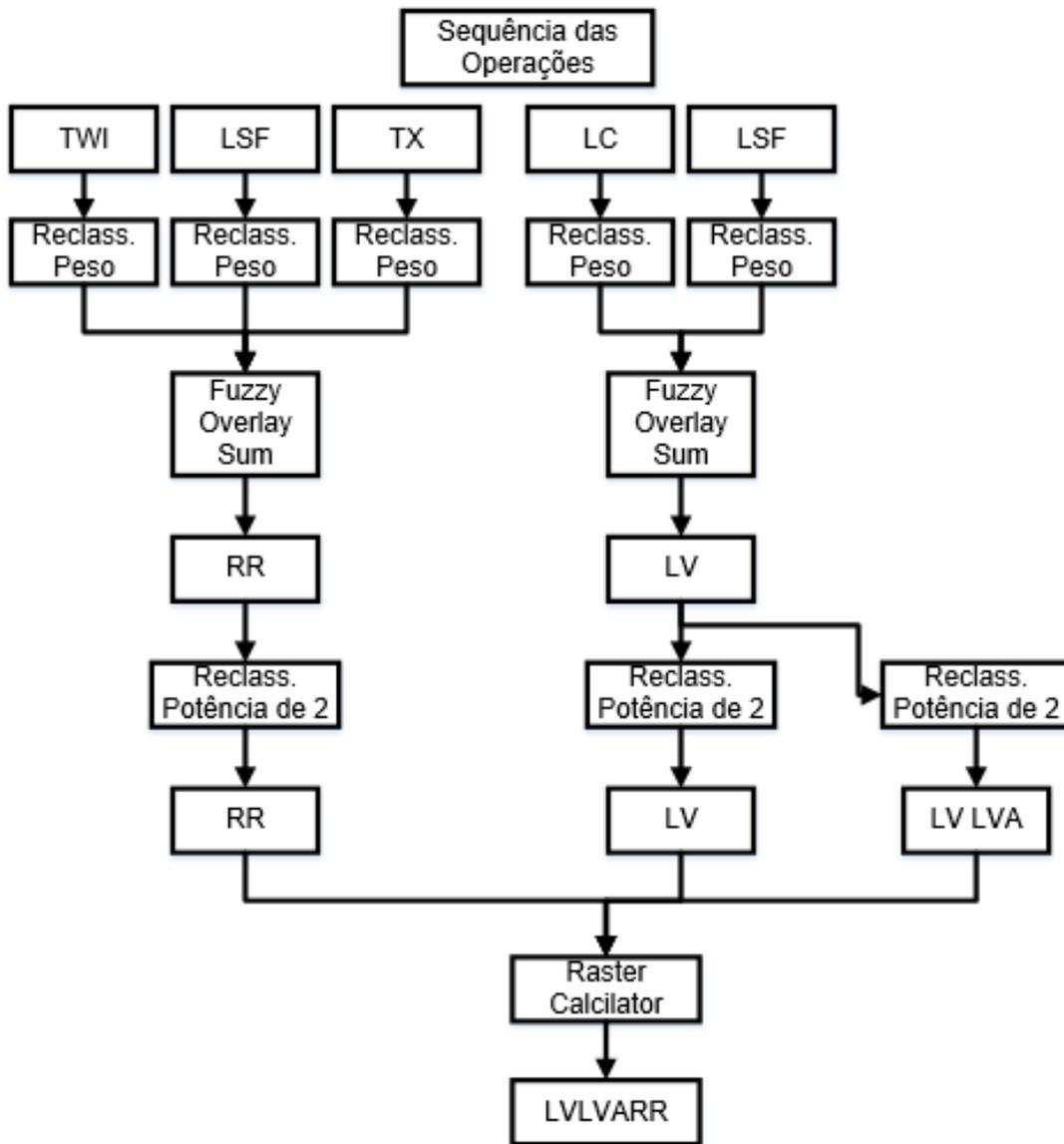


Figura 5. 3. Organograma das operações para gerar mapas de classes de solos Neossolo Regolítico (RR), Latossolo Vermelho (LV) e associação Latossolo Vermelho mais Latossolo Vermelho Amarelo (LVLVA).

Devido à grande importância da compartimentação geomorfológica na distribuição das classes de solo na área de estudo verificou-se que o ponto em comum para ponto de partida da evolução tanto do relevo como das classes de solo foi o resíduo da Primeira Superfície Geomorfológica, neste caso as Chapadas Elevadas, que são representadas por Morrotes Residuais cobertos por Plintossolos Pétricos associados a Neossolo Regolítico, havendo

necessidade de se inserir a distribuição dos Plintossolos Pétricos em ambos os mapas primários de distribuição (Figura 5.4)

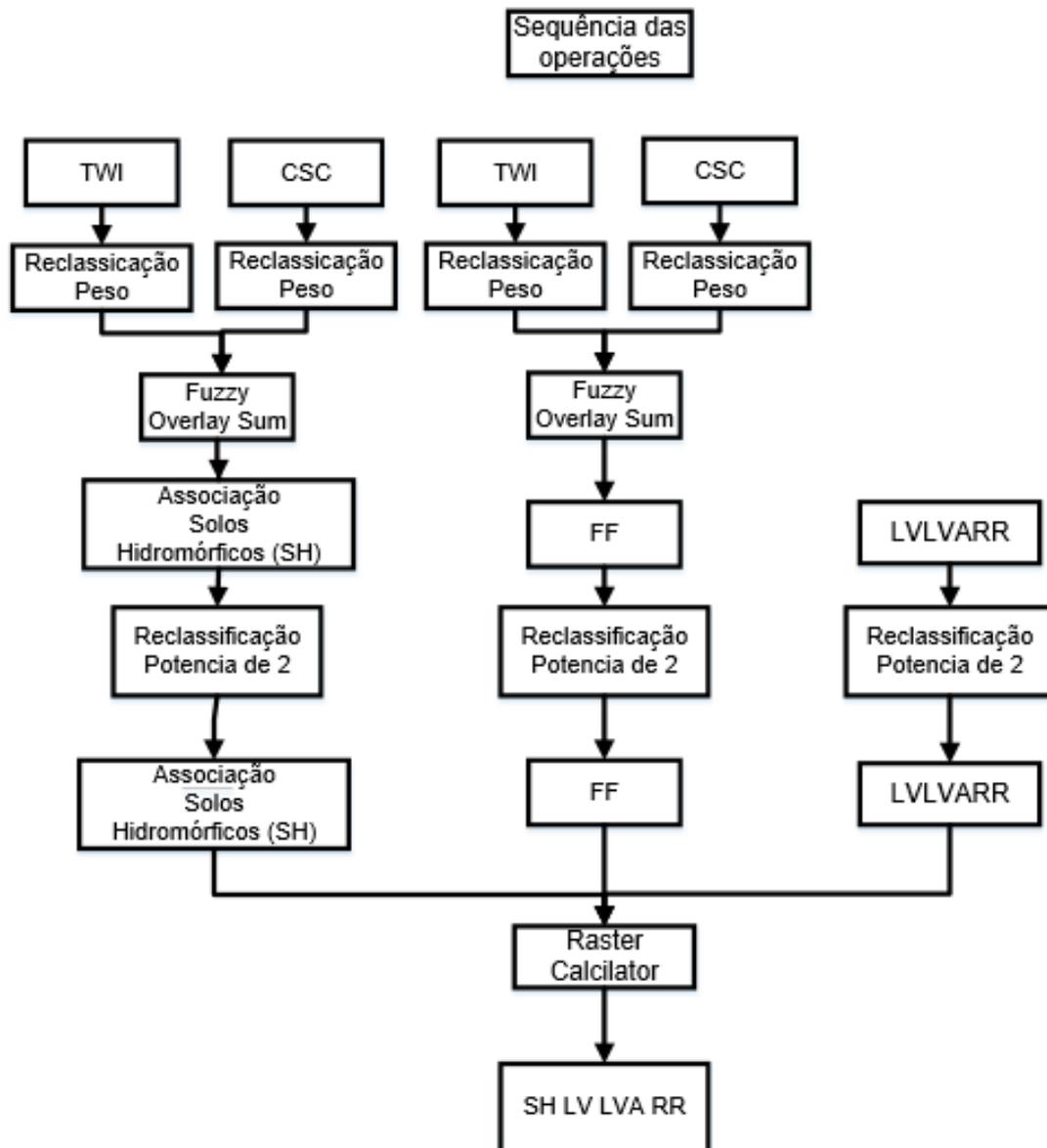


Figura 5. 4. Organograma das operações para gerar mapas de classes de solos Neossolo Regolítico (RR), Latossolo Vermelho (LV) e associação Latossolo Vermelho mais Latossolo Vermelho Amarelo (LVLVA).

Após gerar os mapas as unidades de mapeamento foram reclassificadas em potência de base 2, que é visualizada na tabela 5. 7. Após a reclassificação

das unidades de mapeamento, procedeu-se a soma dos mapas utilizando a ferramenta *Map Algebra, Raster Calculator*, no programa ArcGis.

Tabela 5. 7. Reclassificação das classes de solo dos Mapa de Associação de Solos Hidromórficos da Microbacia do Rio Jardim, DF, Distribuição de Morrotes de Plintossolos Pétricos na Microbacia do Rio Jardim, DF, Distribuição de Neossolos Regolíticos e solo

Unidades de Mapeamento	Peso
Latossolo Vermelho - LV	2
Neossolo Regolítico - RR	4
Associação Plintossolo Pétrico + Neossolo Regolítico - FFRR	8
Plintossolo Pétrico - FF	16
Latossolo Vermelho Amarelo - LVA	32
Associação Solos Hidromórficos - SH	64
Associação Latossolo Vermelho Amarelo + Plintossolo Pétrico - LVAFF	128
Associação Latossolo Vermelho Amarelo + Cambissolo - LVACX	256

Apesar de encontrarmos relevo fortemente ondulado, propício à formação de Cambissolo, somente dois perfis nas quatro topossequências foram descritos como Cambissolo, de maneira muito isolada e em condições bem singulares, de modo que para um mapeamento, que busca a representatividade das unidades, não foi possível incluir esta classe no modelo de previsão, contudo a classe de solo aparece mapeada em associação a Latossolo Vermelho Amarelo.

5.3 RESULTADOS DE DISCUSSÃO

O Mapa de Distribuição da Associação de Solos Hidromórficos (Figura 5. 5), não apresentou problemas em sua elaboração, visto que as drenagens

apresentam padrões comuns (dendríticas), característico da área de estudo. Evans (2012), estudando o mapeamento de solos utilizando as formas da paisagem, ressalta a dificuldade em se delimitar as feições da paisagem, principalmente em cartas com escalas sem detalhamento.

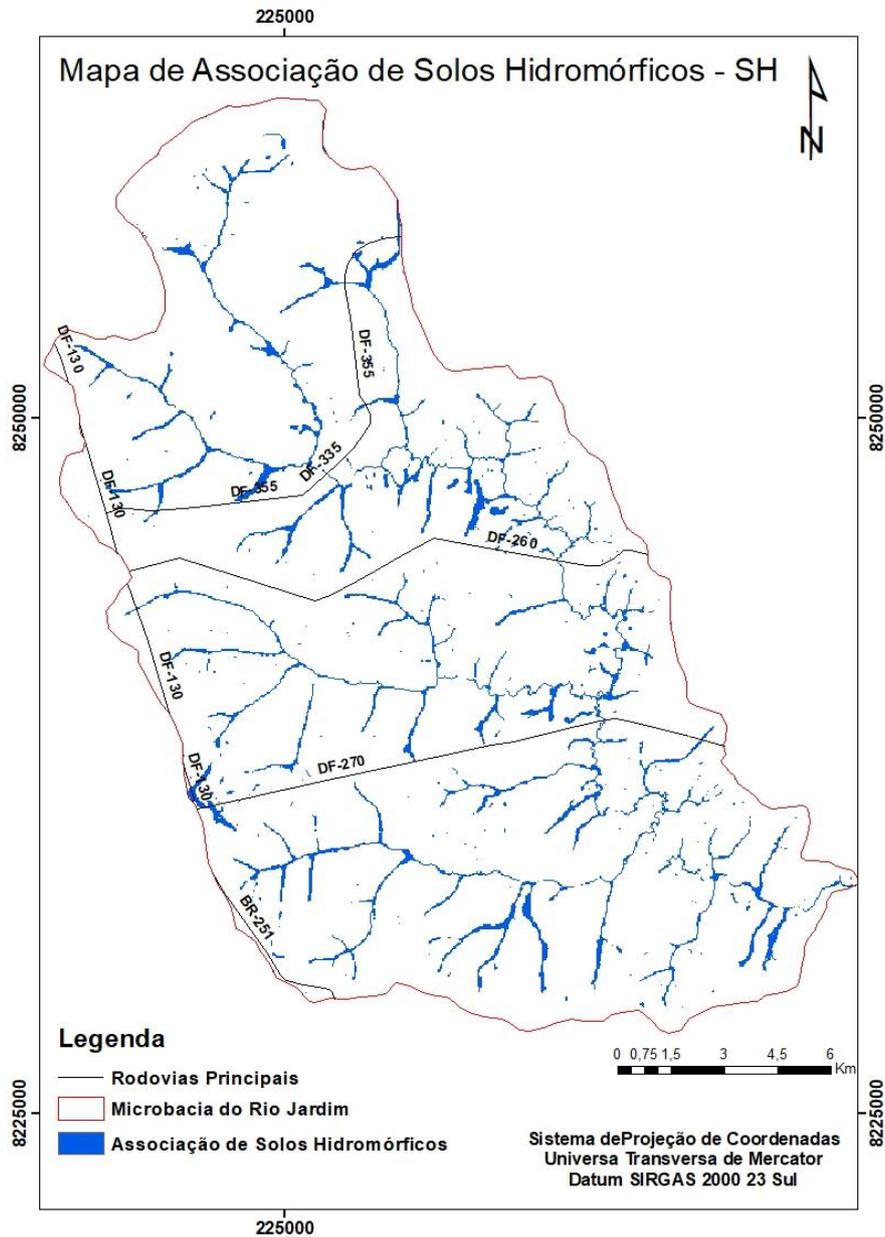


Figura 5. 5. Mapa de Distribuição de Associação de Solos Hidromórficos na Bacia do Rio Jardim, DF.

A região apresenta cursos d'água bem encaixados, com leitos estreitos e profundos com pouca possibilidade de formar planícies de inundação, conferindo

pequenas áreas para o desenvolvimento de solos hidromórficos, principalmente nas margens norte dos cursos d'água onde os Neossolos Regolíticos se estendem até a margem dos mesmos.

A Associação Plintossolos Pétricos Concrecionários (Figura 5. 6) e Neossolos Regolíticos se apresentam intimamente relacionados aos morrotes residuais, de maneira que são resíduos da primeira superfície geomorfológica, também denominada de Chapadas Elevadas (Penteado, 1979, Novaes Pinto, 1987; 1994; Martins e Baptista, 1998). As petroplintitas, formadas na evolução geomorfológica das Chapadas Elevadas, atualmente representam os Plintossolos Pétricos Concrecionários, que impedem a erosão diferencial e processos pedogenéticos das rocha subjacentes, desta forma estes solos se associam a solos pouco evoluídos.

Assim, os Neossolos Regolíticos ocorrem associados aos Plintossolos Pétricos Concrecionários, sendo possível separá-los fazendo uso de um mapa denominado *Texture*, gerado no programa SAGA GIS (Iwahashi e Pike, 2007), ferramenta *Terrian Analysis, Morphometric*. Ao realizar a classificação do mapa, foi constatado que havia uma classe na imagem que se repetia em pontos sempre associados aos Plintossolos Pétricos, fato confirmado nas atividades de levantamento de campo, e o uso de *Texture* possibilitou a identificação destas áreas no mapa (figura 5. 7).

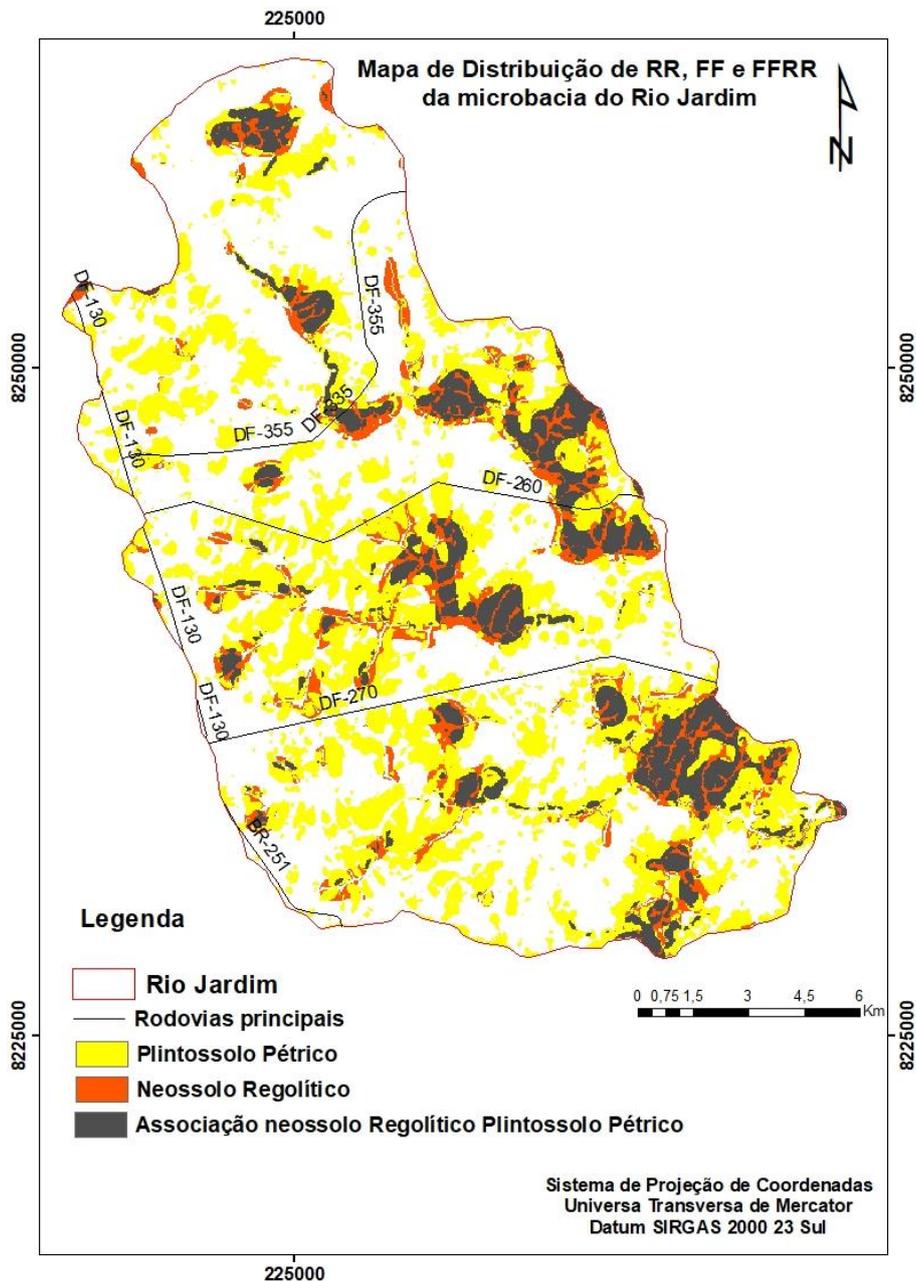


Figura 5. 7. Mapa de Distribuição de Neossolos Regolíticos com Associação de Latossolos-Vermelho Amarelos Petroplínticos e Plintossolos Pétricos Concrecionários.

A presença de Neossolo Regolítico é explicada pelas feições do terreno, de acordo com Capoane et al. (2015), que relatam a maior probabilidade de infiltração de água no solo em vertentes convexas, devido o fluxo água ser divergente tendo diminuição da área específica de contribuição. Para vertentes côncavas, há uma tendência de aumento da área de contribuição específica,

originando um aumento no fluxo acumulado, tendendo a uma menor infiltração. Segundo Lin et al. (2006), essas condições de umidade, também, estão associadas à espessura dos solos, ao grau estrutural e à permeabilidade, auxiliando na predição da espessura do perfil. A ocorrência dos RR é variada, sendo mais característicos em relevo com feição convexa ou côncava, em declividades elevadas, mas também é encontrado em áreas planas e suave onduladas, é uma demonstração da dinâmica do processo geomorfológico, por erosão diferencial e pedogenênese.

Para a determinação das classes de solo acima os índices de TWI e WI tiveram bons resultados, pois estão relacionados com a capacidade do solo em reter ou infiltrar água no perfil. Liang e Chan (2017) estudando a retenção de água no solo e escoamento superficial relacionados a espessura do *solum*, obtiveram resultados que mostraram que TWI teve correlação positiva com a retenção de água e profundidade do solo.

Este fato pode ser comprovado em campo por relatos de agricultores da região, que relataram que os solos cascalhentos, Plintossolos Pétricos, produziam bem em anos chuvosos, mas em condições de escassez de chuva a produção é reduzida. O TWI apresentou valores baixos para as localidades onde se encontram os Neossolos Regolíticos e Plintossolo Pétricos.

Os Latossolos Vermelho Amarelos se formaram por oscilações do lençol freático associados as bordas das Chapadas Elevadas, ou encontra-se associados aos Plintossolos Pétricos Concrecionários e desenvolvem-se nas bordas dos Morrotes Residuais (Figura 5.8, Figura 5.9 e Figura 5.10).

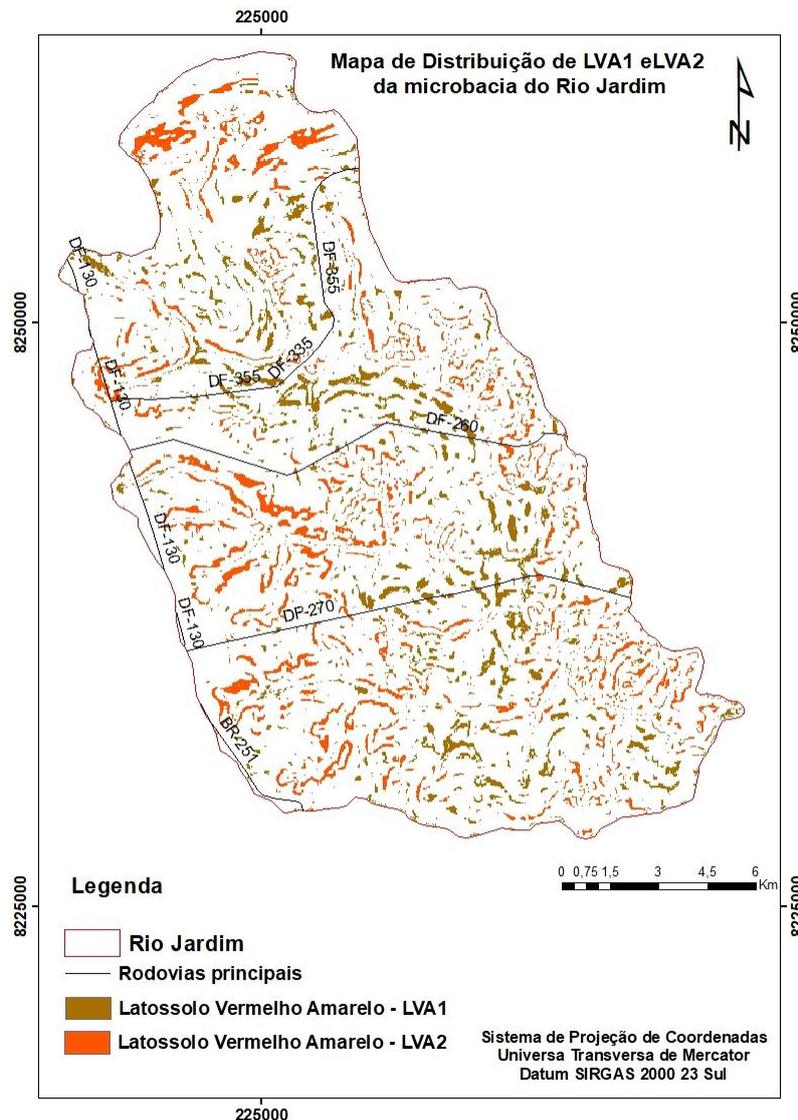


Figura 5. 8. Mapa de Distribuição dos Latossolos Vermelho Amarelos Petroplíntico.

O mesmo impedimento que causou a mudança no perfil do relevo, também pode ter provocado um impedimento na drenagem do solo, quando esse impedimento associado ao clima, gera ciclos alternados de encharcamento e seca, propiciando ambiente oxirredução, responsável pelo processo de plintitização (Campos, 2009). Ajustou-se um mapa de atributos que pode expressar as mudanças de forma do relevo, pois em campo foi constatado que, que em uma rampa com declividade constante e uniforme não havia alteração de classe de solo, ao mudar a declividade do terreno tem-se uma grande

probabilidade de mudar a classe de solo. Cruzou-se o mapa de LSF com LG onde foi possível a confecção do mapa.

A distribuição de Latossolos Vermelho ocorreu na maior parte da microbacia, pois esta tem feições de relevo plano e suave ondulado em grande parte da área estudada, sendo visualizado nas figuras 5. 9 e 5. 10 que demonstram os perfis topográficos das topossequências e a distribuição das classes de solo.

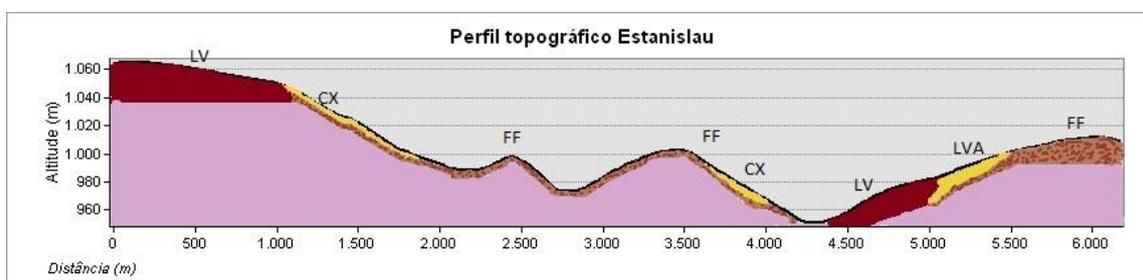


Figura 5. 9. Perfil Topográfico da Topossequência 1 córrego Estanislau

Observa-se no perfil topográfico da figura 5. 9, logo após o córrego, entre 4.400 e 5.000 metros de extensão da topossequência, a presença de uma unidade de LV, que se estende até a drenagem, este fato é comum na área de estudo, sendo explicado pela ausência de mudança brusca no perfil topográfico da rampa, ou seja, quando uma rampa segue se mantendo uniforme, sem alteração de declividade, a classe de solo se mantém inalterada como na figura acima. Quando há alteração no relevo altera-se a classe de solo como pode ser visualizado na figura 5. 10.

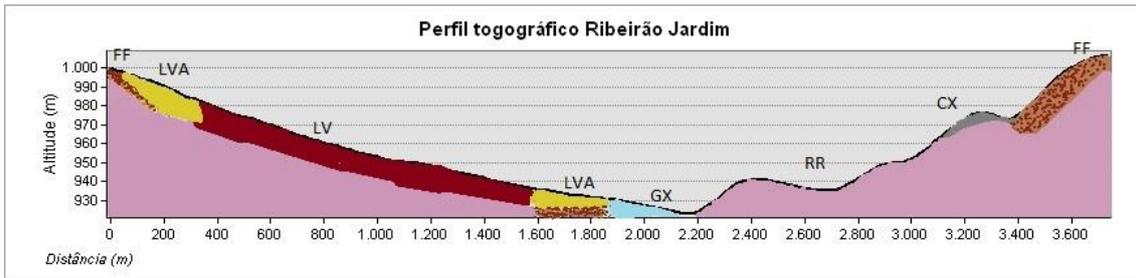


Figura 5. 10. Perfil Topográfico da Topossequência 2 Ribeirão Jardim.

Os Latossolos Vermelhos (Figura 5. 11) ocupam a posição na paisagem

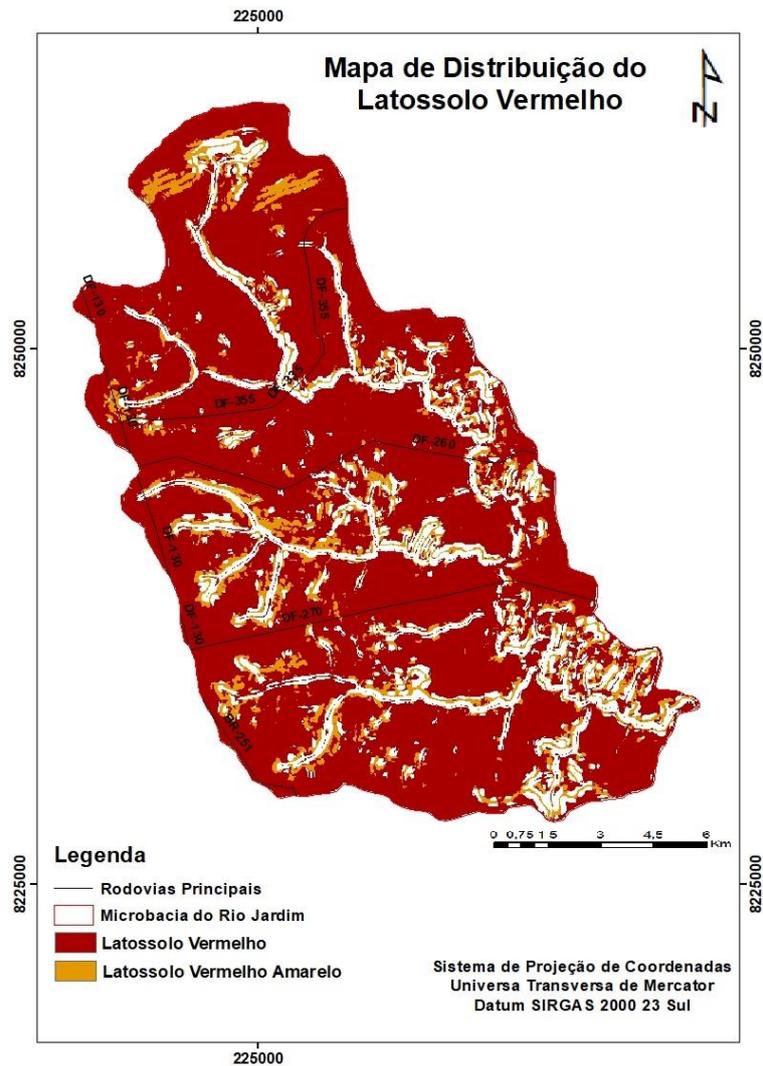


Figura 5. 11. Mapa de distribuição do Latossolo Vermelho

em rampas retilíneas a convexas, sendo que podem ocorrer em declividade desde de plana e suave ondulada, com maior probabilidade de ocorrência, mas

pode também ocorrer em relevo ondulado, também a mesma regra se aplica ao Latossolo Vermelho Amarelo.

Após a reclassificação dos mapas individuais de solos efetuou-se a soma dos mapas gerando o Mapa de distribuição de solo da microbacia do Rio Jardim (Figura 5. 12).

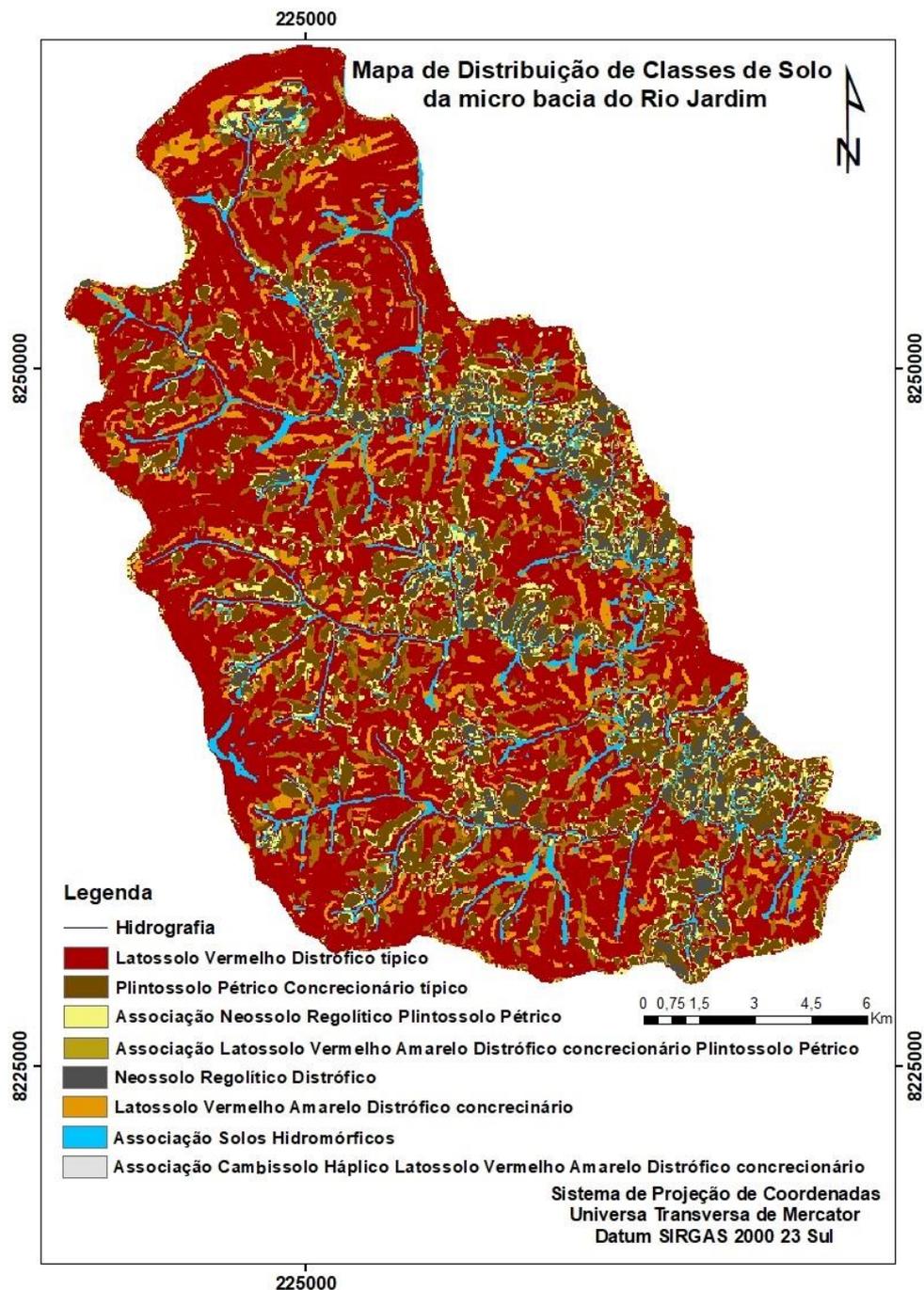


Figura 5. 12. Mapa de Distribuição de Classes de Solo da microbacia do Rio Jardim.

De posse do mapa de distribuição das classes de solo procedeu-se a validação do mapa por meio de dados de coleta durante os trabalhos de campo e volta ao campo para confirmação. Foram coletados 221 pontos aleatórios e feito a matriz de confusão (Tabela 5. 8). Segundo Brito (2008), mesmo com o uso de ferramenta computacionais e técnicas apuradas é comum um mapa que não venha a representar a condição de verdade de campo com total fidegnidade, principalmente em grandes áreas. Dessa forma, o procedimento padrão de avaliação da acurácia é utilizar pontos de referência em locais amostrados, considerando a informação verificada do ponto amostrado como correta.

Tabela 5. 8. Matriz de Confusão dos pontos de validação.

Classe de Solo	Verdade de campo								Total	Erro omissão	Erro comissão	
	LV	LVA	LVA FF	FF	FF RR	RR	LVA CX	SH				
Interpretação da Imagem	LV	87	3	1	5	0	10	0	3	109	20%	11%
	LVA	2	13	2	1	0	2	0	1	21	38%	52%
	LVA FF	6	11	1	2	0	0	0	1	21	48%	75%
	FF	3	0	0	22	0	0	0	0	25	12%	41%
	FF RR	0	0	0	7	11	0	0	0	18	39%	0%
	RR	0	0	0	0	0	13	0	0	13	0%	48%
	LVA CX	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0%	0%
	SH	0	0	0	0	0	0	0	4	4	56%	56%
	Total	98	27	4	37	11	25	0	9	151	211	
									211			

LV –Latossolo Vermelho, LVA - Latossolo Vermelho Amarelo, FF – Plintossolo Pétrico, RR – Neossolo Regolítico, CX – Cambissolo Háplico e SH – Associação Solos Hidromórficos.

Com os valores da matriz de confusão procedeu-se os cálculos de do coeficiente de concordância, índice Kappa e índices de acurácia individuais (Tabela 5.9).

Tabela 5. 9. Valores de Índice Kappa e Acurácia do usuário e produtor.

somatorio diagonal	151
numero total de amostras coletadas	211
soma de colunas	211
soma do produto da soma entre colunas e linhas	12817
Índice Kappa	0,60
Acurácia média pela perspectiva do usuário	0,66
Acurácia média pela perspectiva do produtor	0,62

O índice Kapa ficou em 0,60 e de acordo com Fonseca (2000) o desempenho foi muito bom. A acurácia do produtor que corresponde à porcentagem de pontos de determinada classe que foram corretamente classificados em relação à totalidade de pontos de referência (ANTUNES; LINGNAU, 1997), ou seja, a porcentagem dos pontos de verdade de campo de uma classe que foi corretamente classificada no mapa, ficou em 0,62. Já a acurácia do usuário, que apresentou o valor de 0,66, está relacionada a todos os pontos atribuídos a uma determinada classe, oriundos de erros de classificação das outras classes, indicando, assim, a probabilidade de um alvo classificado representar a mesma classe em campo (BRITO, 2008).

5. 4 CONCLUSÕES

1 - O uso de atributos morfométricos Índice Topográfico de Umidade, Índice de Umidade, Curvatura Seccional Cruzada, Curvatura Longitudinal, Fator entre Comprimento de rampa e Inclinação e Textura, mostraram eficiência na predição e distribuição de classes de solo.

2 - O mapeamento digital dos solos por meio dos atributos morfométricos do terreno, mostrou-se eficiente neste trabalho, com boa precisão na distribuição

das classes de solo mapeadas. O modelo, seguindo as formas do relevo, mostrou-se confiável, podendo ser extrapolado para outras áreas com similaridade geomorfológica e geológica.

3 - As classes de solos encontradas foram Latossolo Vermelho, Latossolo Vermelho Amarelo, Plintossolo Pétrico Concrecionário, Neossolo Regolítico, além das associações entre Solos Hidromórficos, Neossolo Regolítico mais Plintossolo Pétricos, Latossolo Vermelho Amarelo mais Plintossolo Pétrico e Cambissolo Háptico mais Latossolo Vermelho Amarelo Distrófico Concrecionário.

5. 5. REFERENCIAL BIBLIOGRÁFICO

ANTUNES, A. F. B.; LINGNAU, C. Uso de índices de acurácia para avaliação de mapas temáticas por meio de classificação digital. In: GIS BRASIL, 1997, Curitiba. **Anais...** Curitiba, 1997. p. 1-15.

BEVEN & M. J. KIRKBY, A physically based, variable contributing area model of basin hydrology , Un modèle à base physique de zone d'appel variable de l'hydrologie du bassin versant, **Hydrological Sciences Journal**, 24:1, 43-69, 1979.

BRITO, A. de. **Acurácia e precisão do mapeamento da flora nativa e dos reflorestamentos de Minas Gerais**. Lavras, Engenharia Florestal, Universidade Federal de Lavras. 2008. 110 p. Dissertação Mestrado.

CAMPOS, P. M. **Influência Físico-Hídrica nos Atributos diagnósticos em Latossolos da Distrito Federal**. Brasília: Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária, Universidade de Brasília. 2009, 110p. Dissertação de Mestrado.

CAPOANE, V.; TIECHER, T.; ALVAREZ, J. W. R. R.; P. A.; SCHAEFER, G. L.; SANTOS, L. J. C.; SANTOS, D. R. DOS. Influência da resolução do modelo digital de elevação na determinação do Índice Topográfico de Umidade e na capacidade de predição dos teores de carbono orgânico no solo. **Geografia, UERJ**, Rio de Janeiro, n. 27, p. 144-155. 2015.

CODEPLAN - COMPANHIA DE PLANEJAMENTO DO DISTRITO FEDERAL. **Cartas Planialtimétricas em Formato Vetorial, na escala 1:25.000 e 10.000, Sistema Cartográfico do Distrito Federal - SICAD**, com informações sobre sistema viário, hidrografia, hipsometria e áreas urbanas. Brasília, DF: CODEPLAN, 1991.

EMBRAPA – EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA –
SERVIÇO NACIONAL DE LEVANTAMENTO E CONSERVAÇÃO DE SOLOS.

Levantamento de reconhecimento dos solos do Distrito Federal. Rio de Janeiro, RJ: EMBRAPA-SNLCS, 1978.

EMBRAPA [Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária]. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema brasileiro de classificação de solos.** 4ª ed. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 412 p., 2014.

ESRI - ENVIRONMENTAL SYSTEMS RESEARCH INSTITUTE. **ArcGIS Professional GIS for the desktop, version 10.0.** Redlands; 2013. Programa.

Evans, I. S. Geomorphometry and landform mapping: What is a landform?

Geomorphology 137 (2012) 94–106

GÜNTHER A. SAGA-GIS MODULE LIBRARY DOCUMENTATION, MODULE WETNESS [WWW.SAGA-GIS.ORG/SAGA TOOL DOC/2.1.3/TA SLOPE STABILITY 3.HTML](http://WWW.SAGA-GIS.ORG/SAGA_TOOL_DOC/2.1.3/TA_SLOPE_STABILITY_3.HTML). 2012

IWAHASHI, J.; PIKE, R.J., Automated classifications of topography from DEMs by an unsupervised nested-means algorithm and a three-part geometric signature, **Geomorphology**, Vol. 86, pp.409–440, 2007.

LAGACHERIE, P.; McBRATNEY, A. B. Spatial soil information system and spatial soil inference system: perspectives for Digital Soil Mapping. In: LAGACHERIE, P.; McBRATNEY, A. B.; VOLTZ, M. (Ed.). **Digital Soil Mapping: an introductory perspective.** Elsevier: Amsterdam, 2007.

LIANG, W.-L.; CHAN M.-C., Spatial and temporal variations in the effects of soil depth and topographic wetness index of bedrock topography on subsurface

saturation generation in a steep natural forested headwater catchment. **Journal of Hydrology**, 546, p. 405–418. 2017.

LIN, W.; CHOU, W.; LIN, C.; HUANG, P.; TSAI, J. Automated suitable drainage network extraction from digital elevation models in Taiwan's upstream watersheds. **Hydrological Processes**, v. 20, p. 289–306, 2006.

MARTINS, E. S.; BAPTISTA, G. M. M. Compartimentação geomorfológica e sistemas morfodinâmicos do Distrito Federal. In: IEMA/SEMATEC/UNB (Org.). **Inventário Hidrogeológico e dos Recursos Hídricos Superficiais do Distrito Federal. Brasília**. 1. ed. Brasília, DF: IEMA/SEMATEC/UnB, p. 2–53. 1998

MENDONÇA-SANTOS, M. DE L.; SANTOS, H. G. The State of the Art of Brazilian Soil Mapping and Prospects for Digital Soil Mapping. In: LAGACHERIE, P.; MCBRATNEY, A. B.; VOLTZ, B. T. (Org.). **Digital Soil Mapping An Introductory Perspective**. [S.l.]: Elsevier, 2006. v. 31. p. 39–601.

Montgomery D. R., Dietrich, W. E. A physically based model for the topographic control on shallow landsliding. **Water Resources Research**, 30, 1153-1171. 1994.

NOLASCO-CARVALHO, C. C.; FRANCA-ROCHA, W.; UCHA, J. M. Mapa digital de solos: uma proposta metodológica usando inferência fuzzy. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.13, n.1, p.46-55, 2009.

NOVAES PINTO, M. Superfícies de aplainamento do Distrito Federal. **Revista Brasileira de Geografia**, v. 49, p. 9–27, 1987.

NOVAES PINTO, M. Caracterização geomorfológica do Distrito Federal. In: NOVAES PINTO, M. (Org.). **Cerrado: caracterização, ocupação e perspectivas**. Brasília, DF: Universidade de Brasília/SEMATEC, 1994.

PENTEADO, M. M. Tipos de concreções ferruginosas nos compartimentos geomorfológicos do Planalto de Brasília. **Notícia Geomorfológica**, v. 16, p. 39–53, 1976.

REATTO, A.; CORREIA, J. R.; SPERA, S. T.; CHAGAS, C. S.; MARTINS, E. S.; ANDAHUR, J. P.; GODOY, M. J. S.; ASSAD, M. L. C. L. **Levantamento semi-detalhado dos solos da bacia do rio Jardim-DF, escala 1:50.000**. 58

. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2000.

SANTOS, R. D.; SANTOS, H. G.; KER, J. C.; ANJOS, L. H. C.; SHIMIZU, S. H. **Manual de descrição e coleta de solo no campo**. 7. ed. Viçosa, MG: SBCS/Embrapa-CNPS, 102p, 2015.

TEN CATEN, A.; DALMOLIN, R. S. D.; MENDONÇA-SANTOS, M. DE L.; GIASSON, E. Mapeamento digital de classes de solos: características da abordagem brasileira. Santa Maria, **Ciência Rural**, v.42, n.11, p.1989-1997, nov. 2012.

ZADEH, L. A. *Fuzzy sets*. **Information and Control**. v.8, p.338-353, 1965.

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A uso inadequado do solo traz várias consequências negativas devido a um planejamento inadequado (Capoane e dos Santos, 2012), de maneira que processos de degradação passam a atuar de maneira descontrolada (Santos e Silva et al., 2015) os custos de recuperação tomam-se elevados. De maneira que o planejamento se inicia com a análise de material adequado, tanto em escala como informações sobre propriedades e características do ambiente neste caso o solo.

O Conhecimento da distribuição das classes do solo é de fundamental importância no planejamento de qualquer atividade seja extrativista, mineração, agrícola, industrial ou urbana, pois cada classe tem suas características e propriedades inerentes ao processo de formação, que está ligado ao material de origem e sua posição na paisagem, tais características e propriedades podem ser preditas pelas feições do relevo e compartimentação geomorfológica, através das relações pedomorfogeológicas. Por sua vez, as relações pedomorfogeológicas são o ponto de partida para obtenção de um modelo preditivo de distribuição de classes de solo. Sendo que na Superfície Geomorfológica da Bacia do Rio Preto, DF, confirmou-se a distribuição de Latossolos Vermelhos Distróficos típicos nas feições plana a suave ondulada da Primeira Superfície Geomorfológica, também denominada Chapadas Elevadas e nas porções mais próximas das bordas da chapada adjacentes aos Latossolos Vermelhos Distróficos típicos, temos Latossolos Vermelho Amarelo Distrófico petroplíntico. As Chapadas Elevadas possuem rebordos com feições montanhosas e escarpado, estas feições são sustentadas pelo afloramento de

Quartzito nas bordas. Nas feições de transição onduladas e forte onduladas temos a presença de concreções ferruginosas, formando Plintossolos Pétricos Concrecionários e Associação entre Latossolos Vermelho Amarelo Distrófico petroplíntico e Plintossolos Pétricos Concrecionários. Para a transição das Chapadas Elevadas para o Vale da Bacia do Rio Preto no DF, temos a região da Superfície Residual das Chapadas Elevadas, apresentando um relevo de feições suave onduladas a onduladas, marcadas pela presença de Morros Residuais da Primeira Superfície, sendo caracterizados por feições convexas e relevo forte ondulado, sendo cobertos por Plintossolos Pétricos Concrecionários.

O Vale da Bacia do Rio Preto no DF, é caracterizada por relevo de feições que vão de planos a suave ondulado com presença de Latossolos Vermelhos Distróficos típicos na maioria da área.

O modelo de predição de solo utilizando a lógica *Fuzzy* mostrou-se confiável, como índice Kappa de 0,60, sendo que o modelo pode ser usado para predição de distribuição de classes de solo em regiões de similaridade geológica. O Mapeamento Digital de Solo se mostrou eficiente nas condições da área de estudo, sendo que pode ser melhorado com a obtenção de cartas altimétrica com escala maior, elevando o grau de concordância das classes de solo.